

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2020 – 2021 учебный год**

Примерная схема оценивания решений по традиционной 8-балльной системе:

0 баллов — решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл — правильно угадан бинарный ответ («да-нет») без обоснования;

1–2 балла — попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2–3 балла — правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3–6 баллов — задание частично решено;

5–7 баллов — задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8 баллов — задание решено полностью.

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

9 класс-РЕШЕНИЯ

1. Разделите перечисленные ниже объекты на четыре группы: звёзды, созвездия, спутники планет, карликовые планеты. Эридан, Церера, Альбиро, Заяц, Ио, Капелла, Регул, Титан, Плутон, Рея, Эрида, Живописец, Центавр, Хаумеа, Прокцион, Тритон.

Ответ запишите в виде таблицы:

Звёзды	Созвездия	Спутники планет	Карликовые планеты

Ответ:

Звёзды	Созвездия	Спутники планет	Карликовые планеты
Альбиро	Эридан	Ио	Церера
Капелла	Заяц	Титан	Плутон
Регул	Живописец	Рея	Эрида
Прокцион	Центавр	Тритон	Хаумеа

2. 23 февраля 1987 г. в Большом Магеллановом Облаке, удаленном от нас на 55 кпк, наблюдалась вспышка сверхновой звезды. В каком году взорвалась эта звезда?

Расстояние от Земли до галактики БМО 55 000 пк. Как известно, 1 пк = 3,26 св. лет, значит, это расстояние составляет $55000 \cdot 3,26 = 179300$ св. лет.

Поэтому свет от взрыва звезды достиг Земли примерно через 180 000 лет после того, как он произошел. Вычислять точно год взрыва не имеет смысла, поскольку точность, с которой дано расстояние до галактики БМО, не превышает 1 %.

3. На какое минимальное расстояние приближается к Солнцу астероид №2910 Йошкар-Ола, если период его обращения вокруг Солнца 3,269 года, а расстояние в афелии составляет 2,546 а.е.

Дано: $T = 3,269$ года, $Q = 2,546$ а.е.

Минимальное расстояние будет, когда астероид в перигелии своей орбиты.

1) Вычислим большую полуось a орбиты астероида (из III закона Кеплера):

$$T^2 = a^3 \quad \Rightarrow \quad a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{3,269^2} = 2,203 \text{ а.е.}$$

2) Т.к. расстояние в афелии $Q = a(1 + e)$, то эксцентриситет орбиты e составит

$$Q = a + ae \quad e = \frac{Q-a}{a} = \frac{2,546 - 2,203}{2,203} = 0,1557$$

3) Расстояние в перигелии:

$$q = a(1 - e) = 2,203 (1 - 0,1557) = 1,860 \text{ а.е.}$$

4. Зачем раз в четыре года в феврале вводят дополнительный день? Добавлялся ли такой день в 2020 году? в 1900 году? в 2000 году? Объясните, почему.

1. Календарный год должен содержать целое количество дней, а период смены времён года, связанный с обращением Земли вокруг Солнца (тропический год), – нецелое количество дней (365,2422 суток). Разница близка к четверти суток (0,25 суток), поэтому за 4 года накапливаются почти полные сутки. Для компенсации этого сдвига каждый четвёртый год вводится дополнительный (високосный) день в феврале (29 февраля) и в юлианском, и в григорианском календаре.

2. 2020 год – високосный, т.е. в феврале был дополнительный день. Правило определения високосного года – номер года должен нацело делиться на 4 (2020 делится нацело на 4).

3. Чтобы исключить 3 лишних суток, накапливающихся в юлианском календаре примерно за 400 лет (ведь год должен быть не 365,25 сут., а близок к 365,2422 сут), в григорианском календаре вводится новое правило – годы столетий, в которых число столетий не делится нацело на 4, не считаются високосными. Поэтому 1900 год – простой, а 2000 – високосный (19 на 4 нацело не делится, а 20 – делится), в 1900 году не было дополнительного дня в феврале, а в 2000 – был.

5. Самая яркая звезда неба, Сириус, в Йошкар-Оле (широта $56^{\circ}38'$) кульминирует над точкой юга на высоте $16^{\circ}39'$. А где на Земле Сириус вообще не виден?

Дано: $h_0=16^{\circ}39'$, $\varphi_0=56^{\circ}38'$

Вычислим сначала склонение Сириуса δ :

$$h_0 = 90^{\circ} - \varphi_0 + \delta \quad \Rightarrow \quad \delta = h_0 + \varphi_0 - 90^{\circ} = 16^{\circ}39' + 56^{\circ}38' - 90^{\circ} = -16^{\circ}43'$$

Чтобы звезда была невосходящей на широте φ , её высота в верхней кульминации должна быть $h < 0^{\circ}$ (т.е. она должна кульминировать под горизонтом).

$$h = 90^{\circ} - \varphi + \delta < 0^{\circ}$$

Отсюда $\varphi > 90^{\circ} + \delta = 90^{\circ} + (-16^{\circ}43') = 73^{\circ}17'$

На широтах $\varphi > 73^{\circ}17'$ Сириус не виден (является невосходящей звездой).

6. Юный астроном принёс на занятие кружка отчёт о проведённых наблюдениях в виде рисунка. Его товарищи сразу поняли, что наблюдений он не проводил. Как они об этом догадались?

На рисунке допущено множество ошибок:

- 1) Луна не может быть видна в созвездии Большой Медведицы;
- 2) размер Луны значительно преувеличен;
- 3) звезда не может наблюдаться между «рогами» месяца;
- 4) звёзды показаны одинаковыми по яркости.



СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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 $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Данные о Солнце	
Радиус $695\,000 \text{ км}$ Масса $1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ Светимость $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$ Поток солн. энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м^2 Видимая звездная величина $-26,8^m$	Абсолютная визуальная звездная величина $+4,8^m$ Абсол. болометрическая звездная величина $+4,7^m$ Показатель цвета (B-V) $+0,67^m$ Температура поверхности около 6000К Средний горизонтальный параллакс $8,794''$

Данные о Земле	
Эксцентриситет орбиты $0,017$ Тропический год $365,24219 \text{ суток}$ 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 $6378,14 \text{ км}$ Полярный радиус $6356,77 \text{ км}$ Масса $5,974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ Средняя плотность $5,52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

Данные о Луне	
Среднее расстояние от Земли 384400 км Эксцентриситет орбиты $0,055$ Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^\circ 09'$ Сидерический (звездный) период обращения $27,321662 \text{ сут.}$ Синодический период обращения $29,530589 \text{ суток}$	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 звезд. величина в полнолуние $-12,7^m$

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность $\text{г} \cdot \text{см}^{-3}$	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Гео-метр, 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
Плутон	$1,5 \cdot 10^{22}$	0,003	1160	0,1819	1,1	6,387 сут*	122,52	0,3	13,7

* - 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
Плутон	5913,5	39,5294	0,2482	17,148	248,54 лет	366,7