

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2018-2019 учебный год
10 класс
Максимальный балл – 60**

Задание 1. Выберите верный ответ.

1. Путешественники заметили, что по местному времени затмение Луны состоялось в 7 ч 25 мин, тогда как по астрономическому календарю оно должно было состояться в 3 ч 50 мин гринвичского времени. Долгота их места нахождения равна

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) 1 ч 35 мин в. д. | 3) 3 ч 35 мин в. д. |
| 2) 2 ч 38 мин з. д. | 4) 3 ч 10 мин з. д. |

2. Расставьте звёзды в порядке увеличения температуры поверхности звезд:
А - Альдебаран, Б - Капелла, В – Сириус, Г – Мира

- | | |
|---------------|---------------|
| 1) Г, А, Б, В | 3) В, А, Г, Б |
| 2) Б, В, Г, А | 4) Г, Б, А, В |

3. Объект, изображенный на фотографии это –

- 1) галактика
- 2) шаровое звёздное скопление
- 3) планетарная туманность
- 4) рассеянное звёздное скопление
- 5) область звездообразования



4. Параллакс планеты уменьшился в 3 раза. Это произошло вследствие того, что расстояние до нее

- 1) увеличилось в 9 раз
- 2) увеличилось в 6 раз
- 3) увеличилось в 3 раза
- 4) уменьшилось в 9 раз
- 5) уменьшилось в 3 раза

5. Звезда Денеб (α Лебедя), видимая звездная величина которой $1,25^m$, находится на расстоянии в 10^3 пк и имеет абсолютную звездную величину

- | | |
|--------------|-------------|
| 1) $+8,75^m$ | 3) $+9,0^m$ |
| 2) $-8,75^m$ | 4) $-9,0^m$ |

6. Некоторая звезда находилась сегодня в верхней кульминации в 3 часа 45 минут утра по московскому времени. Ближайшая нижняя кульминация этой звезды будет

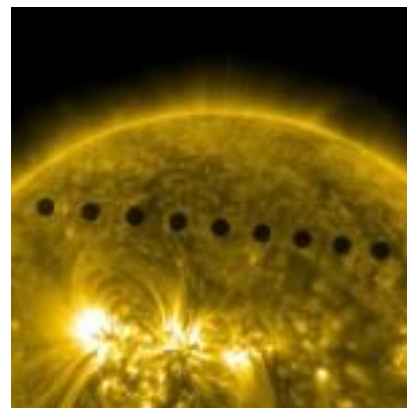
- | | |
|------------------|------------------|
| 1) в 20 ч 35 мин | 3) в 19 ч 50 мин |
| 2) в 12 ч 52 мин | 4) в 15 ч 43 мин |

7. Если большая полуось орбиты астероида Икар равна 160 млн. км, а

эксцентриситет составляет 0,83, то перигелийное расстояние его равно

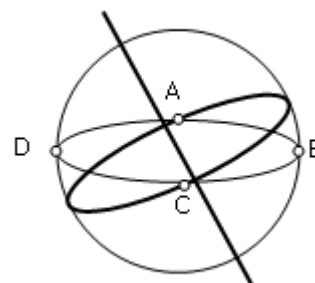
- | | |
|---------------|---------------|
| 1) 7 млн. км | 3) 27 млн. км |
| 2) 17 млн. км | 4) 37 млн. км |

8. В 2012 году 6 июня наблюдалось редкое явление прохождения Венеры по диску Солнца, представленное на данном рисунке. В какой конфигурации была планета?



- 1) в западной элонгации
- 2) в восточной элонгации
- 3) в верхнем соединении
- 4) в нижнем соединении

9. На рисунке изображены экватор и эклиптика. Если Солнце находится в точке В, то для жителя Мурманска ($\varphi = 70^\circ$) в это время



- 1) день равен ночи
- 2) продолжается полярная ночь
- 3) продолжается полярный день
- 4) самый короткий день в году

10. Укажите верное распределение по порядку солнечных слоев, начиная с внешнего, учитывая, что А - фотосфера, Б - корона, В - хромосфера, Г - ядро

- | | |
|---------|---------|
| 1) АГВБ | 3) ГВАБ |
| 2) БВАГ | 4) АБВГ |

Решение

ВОПРОС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ОТВЕТ	3	1	4	3	2	4	3	4	4	2

За каждую верно определенную позицию выставляется по 1 баллу. **Итого 10 баллов.**

Задание 2. Лето и осень 2018 года являются благоприятными для наблюдения Марса, т.к. 27 июля произошло великое противостояние этой планеты. Определите, в каких пределах меняются угловые размеры Марса при наблюдении с Земли в моменты противостояний. Для решения задачи воспользуйтесь справочными данными.

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Противостояние (оппозиция) – конфигурация (взаимное расположение), при котором Марс и Земля находятся на одной линии с Солнцем с одной стороны от него (разность эклиптических долгот планеты и Солнца равна 180°). Ответ может быть приведен в виде схемы взаимного расположения Марса, Земли и Солнца в момент противостояния.	2
2	Наибольший угловой диаметр Марс будет иметь при условии, что в этот момент Земля находится вблизи афелия своей орбиты, а Марс – в перигелии	2

	(великое противостояние). Наименьший угловой диаметр Марса будет наблюдаться, когда их расположение будет обратным (Земля в перигелии, Марс в афелии).	
3	Для удобства рассмотрим максимально возможное сближение. Перигелийное (q) и афелийное (Q) расстояния можно найти из формул $q = a(1 - e)$ и $Q = a(1 + e)$, где a – большая полуось, а e – эксцентриситет орбиты (данные из справочника). Для Земли $Q_E = 1(1 + 0,017) = 1,017$, для Марса $q_M = 1,52(1 - 0,093) = 1,379$, где расчеты выполнены в а.е. Таким образом, расстояние между планетами в этот момент составит $S_{\min} = q_M - Q_E = 0,362$ а.е. (Расстояния также можно определять в км). Линейные размеры Марса можно взять из справочных материалов (радиус 3397 км), угловой диаметр составит $\delta_{\max} = \frac{D}{S} = \frac{2 \cdot 3397 \text{ км}}{0,362 \cdot 150 \cdot 10^6 \text{ км}} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \approx 25,8''$	3
4	Для удобства рассмотрим максимально возможное удаление. В этот момент для Земли $q_E = 1(1 - 0,017) = 0,983$, для Марса $Q_M = 1,52(1 + 0,093) = 1,661$, где расчеты также выполнены в а.е. Таким образом, расстояние между планетами составляет $S_{\max} = Q_M - q_E = 0,678$ а.е. Для наблюдателя с Земли угловой диаметр составит $\delta_{\min} = \frac{D}{S} = \frac{2 \cdot 3397 \text{ км}}{0,678 \cdot 150 \cdot 10^6 \text{ км}} = 6,68 \cdot 10^{-5} \text{ рад} \approx 13,8''$ Можно отметить, что угловые размеры отличаются почти в два раза.	3
	Итого	10

Задание 3. Земля, двигаясь вокруг Солнца по эллиптической орбите, в январе бывает ближе к Солнцу почти на 5 млн. км, чем в июле. Так почему же в январе у нас в России холоднее, чем в июле?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Основная причина сезонных изменений температуры и климата на Земле связана с углом наклоном ее оси вращения к плоскости орбиты вокруг Солнца (эклиптики), который составляет около $66,5^\circ$.	2
2	Угол наклона определяет высоту Солнца над горизонтом (летом она выше) и продолжительность дня (летом день длиннее).	2
3	Т.е. летом больше солнечной энергии попадает на Землю в северном полушарии. Зимой наоборот. Для средней полосы это разница достигает несколько раз.	2
4	А за счет большей близости Земли к Солнцу зимой чем летом, то за счет этого разница в получаемом тепле составляет всего несколько процентов.	2
5	Из-за небольшой эллиптической орбиты, планета в январе несколько ближе к Солнцу, чем в июле, но отличие в дистанции не существенно. Поэтому влияние на получение тепла от нашей звезды малозаметно.	2
	Итого	10

Задание 4. Роберт Хайнлайн в романе «Дорога доблести» описывает планету - Центр галактической империи. Планета эта «размером с Марс», сила тяжести на ней «почти земная». Что можно сказать о плотности этой планеты? Каковы для этой планеты первая и вторая космическая скорости? Каков период обращения спутника на низкой орбите?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	$\rho = \frac{M}{V},$	1
2	$V = \frac{4}{3}\pi \cdot R^3$	1
3	$F = G \frac{M \cdot m}{R^2}, R=R_M=3397,2 \text{ км}$	1
4	$g = \frac{F}{m}, g = g_3 = 9,8 \text{ м/с}^2$	1
5	$M = \frac{g \cdot R^2}{G}$	1
6	$\rho = \frac{3g}{4GR}$ $\rho = \frac{3 \cdot 9,8}{4 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 3397,2 \cdot 10^3} = 10317 \text{ кг/м}^3$	2
7	$v_1 = \sqrt{g \cdot R} = \sqrt{9,8 \cdot 3397,2 \cdot 10^3} = 5,77 \text{ км/с}$ $v_2 = v_1 \sqrt{2} = 5,77 \sqrt{2} = 8,14 \text{ км/с}$	2
8	$T = \frac{2\pi \cdot R}{v_1} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3397,2 \cdot 10^3}{5,77 \cdot 10^3} = 3700 \text{ с}$	1
Итого		10

Задание 5. Наибольшее удаление Венеры от Солнца составляет 48°. Нарисуйте взаимное расположение Венеры, Земли и Солнца в момент наибольшего удаления Венеры от Солнца и определите расстояние Венеры от Солнца в астрономических единицах и километрах. Наибольшая восточная элонгация Венеры произошла 17 августа 20018 года, Когда произойдет следующая наибольшая восточная элонгация Венеры?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1		2

2	Из рисунка видно, что в равнобедренном прямоугольном треугольнике расстояние Венеры до Солнца равно катету $a = a_0 \sin 45^\circ = 0,71 \text{ а.е.} = 106 \text{ млн.км.}$	2
3	Конфигурации планет повторяются через синодический период S , который находится из уравнения синодического движения $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_3}$ Синодический период Венеры равен $S = \frac{T \cdot T_3}{T_3 - T}$	2
4	$T = 224.70 \text{ сут} = 0,615 \text{ г.}$ $S = \frac{0,615 \cdot 1}{1 - 0,615} = 1,597 \text{ г} = 586 \text{ суток} = 1 \text{ год } 7 \text{ мес. } 8 \text{ дн.}$	2
5	Так что следующая наибольшая восточная элонгация наступит 24 марта 2020 г.	2
	Итого	10

Задание 6. Можно ли увидеть в Челябинске бело-голубого субгиганта α Голубя ($\delta = -35^\circ 8'$, $\varphi = 55^\circ 9' 14''$)?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Находим высоту звезды в верхней кульминации. $h_g = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 55^\circ 9' 14'' - 35^\circ 7' = -0^\circ 16' 14'' < 0$	3
2	Казалось бы, увидеть эту звезду в Челябинске нельзя, но, на самом деле увидеть можно с учетом рефракции. атмосферная рефракция приподнимает светило над горизонтом на угол равный ρ , при нормальных атмосферных условиях $0^\circ 35'$.	2
3	Светило кульминирует вблизи горизонта. Поэтому видимое положение звезды в момент кульминации будет: $h = h_g + \rho = -0^\circ 16' 14'' + 0^\circ 35' = 0^\circ 18' 46'' > 0$	3
4	Поэтому бело-голубого субгиганта α Голубя в Челябинске увидеть можно. Правильнее сказать на широте Челябинске, т.к. в самом городе с его высокими зданиями горизонт не виден.	2
	Итого	10

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 а.е. = $1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек 1 пк = $206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Данные о Солнце

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 6000К
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 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 $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
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 (звездный) 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 ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альбедо	Видимая звездная величина**
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
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