

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2019-2020 учебный год
10 класс
Максимальный балл – 60**

Задание 1. Выберите верный ответ.

1. Электромагнитное излучение с длиной волны 550 нм в вакууме – это

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1) радиоволны | 3) видимый свет |
| 2) инфракрасное излучение | 4) ультрафиолетовое излучение |

2. Определите звёздное время в момент нижней кульминации Спика (α Девы) (прямое восхождение $\alpha = 5^{\text{h}}10^{\text{m}}$)

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1) $S = 18^{\text{h}} 30^{\text{m}}$ | 3) $S = 18^{\text{h}} 10^{\text{m}}$ |
| 2) $S = 17^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ | 4) $S = 17^{\text{h}} 10^{\text{m}}$ |

3. Гелиоцентрическая система объясняет петлеобразное движение планет

- 1) различием скоростей движения Земли и планеты по орбитам
- 2) суточным вращением Земли
- 3) сочетанием движения Солнца и движения планет вокруг Солнца
- 4) изменением скорости движения планеты по орбите
- 5) взаимным притяжением планет

4. Расположить звезды из ниже приведенного списка в порядке возрастания размеров

**A – Солнце
B – Альциона
C – белый карлик (максимум)
D – красный карлик**

- | | |
|------------------|------------------|
| 1) B – A – D – C | 3) D – A – C – B |
| 2) D – C – A – B | 4) A – C – D – B |

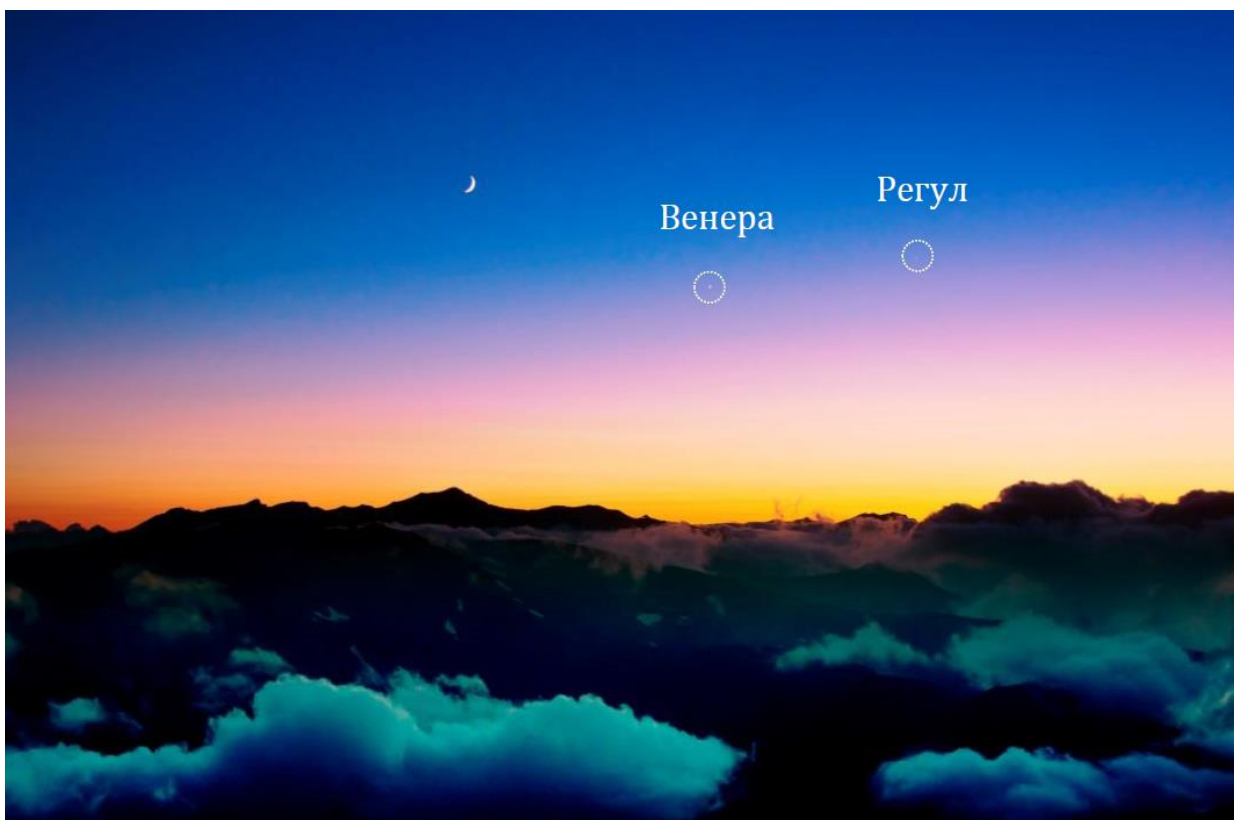
5. Отношение кубов больших полуосей орбит двух астероидов равно 25. Следовательно, период обращения одного астероида больше периода обращения другого астероида

- | | | |
|------------|---------------|--------------|
| 1) в 8 раз | 3) в 2,5 раза | 5) в 32 раза |
| 2) в 5 раз | 4) в 16 раз | |

6. Видимая звёздная величина полной Луны на земном небе достигает значения ($-12,8^{\text{m}}$). Во время великого противостояния в 2003 году звездная величина Марса достигла значения ($-2,8^{\text{m}}$). Во сколько раз Луна была ярче Марса

- | | |
|--------------|----------------|
| 1) в 10 раз | 3) в 1000 раз |
| 2) в 100 раз | 4) в 10000 раз |

7. На фотографии, сделанной 19 июля 2015 года на вершине горы Пастухова показано положение Луны и Венеры сразу после того, как край Солнца скрылся за горизонтом



Назовите конфигурацию Венеры

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1) квадратура | 3) восточная элонгация |
| 2) нижнее соединение | 4) западная элонгация |

8. Проницающая способность бинокля с диаметром объектива 60 мм равна

- | | |
|----------------|---------------|
| 1) $m = 10^m$ | 3) $m = 11^m$ |
| 2) $m = 9,5^m$ | 4) $m = 12^m$ |

9. Чем замечателен в космонавтике 1959 год?

- | | |
|-------------------------------------|-------------------|
| 1) Выход человека в открытый космос | 3) Полёт к Венере |
| 2) Полёт первого человека в космос | 4) Полёт к Луне |

10. Солнечные слои, начиная с внешнего, распределяются

- 1) фотосфера, ядро, корона, хромосфера
- 2) корона, фотосфера, хромосфера, ядро
- 3) корона, хромосфера, фотосфера, ядро
- 4) корона, хромосфера, ядро, фотосфера

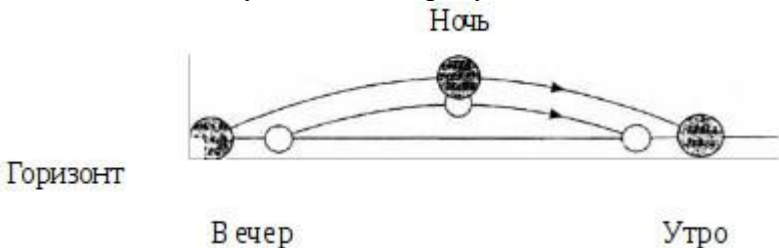
Решение

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

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

Задание 2. Наблюдатель, находящийся в Челябинске, заметил, что вечером Луна вошла одновременно с заходом Солнца, а утром она зашла одновременно с восходом дневного светила. В середине ночи произошло полутеневое лунное затмение. Какой край диска Луны глубже всего погрузился в земную полутень?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Наш естественный спутник, Луна, достаточно быстро движется по орбите вокруг Земли с запада на восток, навстречу суточному движению неба. Поэтому видимое перемещение Луны по небу происходит с несколько меньшей скоростью, чем движение других объектов, в том числе земной тени и полутени.	2
2	Восходя вечером за несколько часов до затмения, Луна находилась западнее полутени, однако не вошла раньше нее. Следовательно, раз дело происходило в северном полушарии, Луна имела меньшее склонение, нежели центр полутени.	2
3	Аналогично, утром, после затмения, Луна, находилась восточнее полутени, но зашла вместе с ней, значит, ее склонение было также меньше.	2
4	В этом же можно убедиться из рисунка. 	2
5	Земная полутень и Луна находились на небе одинаковое количество времени, но видимая угловая скорость Луны меньше, чем у полутени. Следовательно, длина ее видимого пути от восхода до захода меньше, и Луна находилась южнее полутени. А это в свою очередь означает, что во время затмения в середине ночи Луна глубже всего погрузилась в полутень своим северным краем.	2
Итого		10

Задание 3. Какова светимость звезды ζ Скорпиона, если ее видимая звездная величина равна 3, а расстояние до нее 7500 св. лет?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	$M = m + 5 - 5 \lg r$	2
2	r – расстояние до звезды (в парсеках) $r = 7500 \text{ св. лет} = 2300 \text{ пк}$	2
3	$M = 3 + 5 - 5 \lg 2300 = -8,8$	2
4	Для нахождения светимости звезды используем формулу Погсона, сравнивая ее характеристики с характеристиками Солнца (справочные материалы) $\frac{L}{L_0} = 2,512^{M_0 - M}$	2

5	$\frac{L}{L_0} = 2,512^{4,8 - (-8,8)} = 2,512^{13,6} \approx 275000$	2
	Итого	10

Задание 4. При доставке на лунную базу грузов и пассажиров корабль выходит на круговую окололунную орбиту с высотой 25 км над поверхностью Луны. Над посадочной площадкой необходимо скомпенсировать орбитальную скорость корабля и начать свободное падение на Луну. На некоторой высоте у корабля включаются тормозные двигатели, которые до посадки работают постоянно. На какой высоте перед посадкой должны быть включены тормозные двигатели корабля, чтобы, двигаясь с постоянным ускорением, равным двум земным ускорениям свободного падения, корабль совершил мягкую посадку (с нулевой скоростью)? Считать, что изменением ускорения свободного падения с высотой можно пренебречь. Масса Луны в 81 раз меньше земной, радиус Луны в 3,67 раза меньше радиуса Земли.

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	<p>Посадка корабля распадается на два этапа свободное падение (т.е. набор скорости), длящееся наибольшее время, и её гашения до нуля при конечной посадке.</p> <p>Оба движения равноускоренные. В первом случае ускорение корабля равно лунному ускорению свободного падения, во втором – результирующее ускорение обратно по направлению лунному и равно двум земным. Запишем уравнения, описывающие изменение скорости. Начальная скорость на первом этапе и конечная скорость на последнем этапе равны нулю</p> $v_{\text{падения}} = g_{\text{л}} t_{\text{падения}}$ $v_{\text{торможения}} - 2g_{\text{з}} t_{\text{торможения}} = 0$	2
2	<p>Так как конечная скорость падения равна начальной скорости торможения, нам будет известно соотношение времён падения и торможения:</p> $t_{\text{падения}} = \frac{v_{\text{падения}}}{g_{\text{л}}}$ $t_{\text{торможения}} = \frac{v_{\text{торможения}}}{2g_{\text{з}}}$ $\frac{t_{\text{падения}}}{t_{\text{торможения}}} = \frac{2g_{\text{з}}}{g_{\text{л}}}$ $t_{\text{торможения}} = t_{\text{падения}} \frac{g_{\text{л}}}{2g_{\text{з}}}$	2
3	<p>По данным найдем ускорение свободного падения на Луне</p> $g_{\text{л}} = g_{\text{з}} \frac{M_{\text{л}}}{M_{\text{з}}} \left(\frac{R_{\text{з}}}{R_{\text{л}}} \right)^3$	2

	$g_{\text{л}} = g_{\text{з}} \frac{1}{81} (3,67)^3 = 1,62 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	
4	<p>Определим время падения</p> $h = h_{\text{падения}} + h_{\text{торможения}}$ $h_{\text{падения}} = \frac{g_{\text{л}} t_{\text{падения}}^2}{2}$ $h_{\text{торможения}} = v_{\text{падения}} t_{\text{торможения}} - \frac{2g_{\text{з}} t_{\text{торможения}}^2}{2}$ $h = \frac{g_{\text{л}} t_{\text{падения}}^2}{2} + v_{\text{падения}} t_{\text{торможения}} - \frac{2g_{\text{з}} t_{\text{торможения}}^2}{2}$ $h = \frac{g_{\text{л}} t_{\text{падения}}^2}{2} + g_{\text{л}} t_{\text{падения}} t_{\text{падения}} \frac{g_{\text{л}}}{2g_{\text{з}}} - \frac{2g_{\text{з}}}{2} \left(t_{\text{падения}} \frac{g_{\text{л}}}{2g_{\text{з}}} \right)^2$ $t_{\text{падения}} = \sqrt{\frac{2h}{g_{\text{л}} \left(1 + \frac{g_{\text{л}}}{2g_{\text{з}}} \right)}}$ <p style="text-align: right;">$t_{\text{падения}} = 168,8 \text{ с}$</p>	2
5	<p>Найдем $h_{\text{падения}} = 23091 \text{ м}$ $h_{\text{торможения}} = 1908 \text{ м}$ Корабль должен начать торможение на высоте примерно 1,9 км.</p>	2
	Примечание. Если ускорение свободного падения не вычисляется, используется табличное значение, то задача оценивается максимум в 8 баллов	
	Итого	10

Задание 5. Каково отношение периодов обращения искусственных спутников Марса и Земли $\frac{T_M}{T_3}$, движущихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Ускорение спутника, движущегося со скоростью v вокруг планеты массой M по круговой траектории радиуса R , равно $a = \frac{v^2}{R}$.	2
2	Это ускорение вызвано силой тяготения: $F = G \frac{M \cdot m}{R^2} = ma$, откуда $a = G \frac{M}{R^2}$. Тогда $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}}$.	2
3	Период обращения спутника $T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{G \cdot M}}$.	2
4	Данные по соотношению масс и радиусов планет взять из справочного материала	2

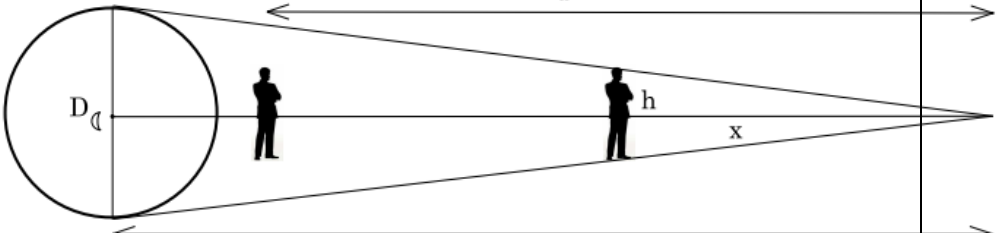
5	$\frac{T_M}{T_3} = \frac{\sqrt{\left(\frac{R_M}{R_3}\right)^3}}{\sqrt{\frac{M_M}{M_3}}} = \frac{\sqrt{R_M^3 \cdot M_3}}{\sqrt{R_3^3 \cdot M_M}} = \sqrt{1,25} = 1,1.$	2
	Итого	10

Задание 6. Перед Вами снимок восходящей Луны и группы туристов, любующихся ее восходом. Определите расстояние от фотографа до туристов во время съемки. В каком полушарии Земли это происходило?



Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	На снимке ее изображение перевернуто. Следовательно, снимок сделан в южном полушарии.	1
2	Единственный объект, с которым мы можем сравнить туристов, чтобы определить расстояние от них до фотографа – Луна. Измеряя диаметр Луны на снимке, получаем примерно 12 см. Измеряя высоту людей (наиболее удобен для измерений турист с рюкзаком, находящийся в центре) — 1.2 см. Таким образом, на снимке высота среднего человека примерно в 10 раз меньше, чем диаметр Луны.	2
3	Если мысленно перенести туристов на расстояние, в 10 раз ближе к фотографу, чем то, на котором они реально находились в момент съемки, то видимая высота людей сравняется с видимым диаметром Луны (см.). Обозначим это расстояние x , тогда реальное расстояние до туристов, которое и нужно найти, $r_h = 10 \cdot x$.	2

		
4	<p>Если бы туристы находились на расстоянии x, они имели бы видимую высоту, равную видимому диаметру Луны, поэтому истинная высота среднего туриста h во столько же раз меньше, чем истинный диаметр Луны $D_{л}$, во сколько раз гипотетическое расстояние от туристов до фотографа x меньше, чем расстояние от Луны до фотографа $r_{л}$.</p>	1
5	<p>$D_{л} / h = r_{л} / x$ Отсюда легко выразить x: $x = h r_{л} / D_{л}$, и, следовательно, реальное расстояние r_h: $r_h = 10x = 10 L r_{л} / D_{л}$.</p>	1
6	<p>Расстояние до Луны $r_{л} = 400$ тыс. км, диаметр Луны $D_{л} = 3.4$ тыс. км. Данные берутся из справочного материала</p>	1
7	<p>Высоту среднего человека можно принять за $h = 1.7$ м. Подставляем числа и вычисляем: $r_h = 10 \cdot 1.7 \text{ м} \cdot 400 \text{ тыс. км} / 3.4 \text{ тыс. км} = 2 \text{ тыс. м} = 2 \text{ км}$.</p>	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