

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

Задание 1. Выберите верный ответ.

1. Солнце на диаграмме Герцшпрунга-Рессела входит в последовательность

- 1) сверхгигантов
- 2) гигантов
- 3) главную
- 4) субкарликов
- 5) белых карликов

2. Основным источником пыли в Галактике являются

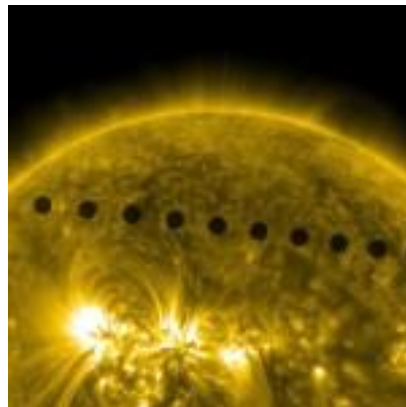
- 1) планетарные туманности
- 2) красные гиганты
- 3) протозвезды
- 4) взрывы сверхновых
- 5) все выше перечисленное

3. Расположить методы определения расстояний во Вселенной в порядке увеличения максимально измеряемого расстояния 1 – цефеиды, 2 – параллакс, 3 – красное смещение, 4 – сверхновые I типа

- | | |
|---------------|---------------|
| 1) 2, 1, 4, 3 | 3) 2, 4, 1, 3 |
| 2) 1, 3, 4, 2 | 4) 4, 3, 1, 2 |

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

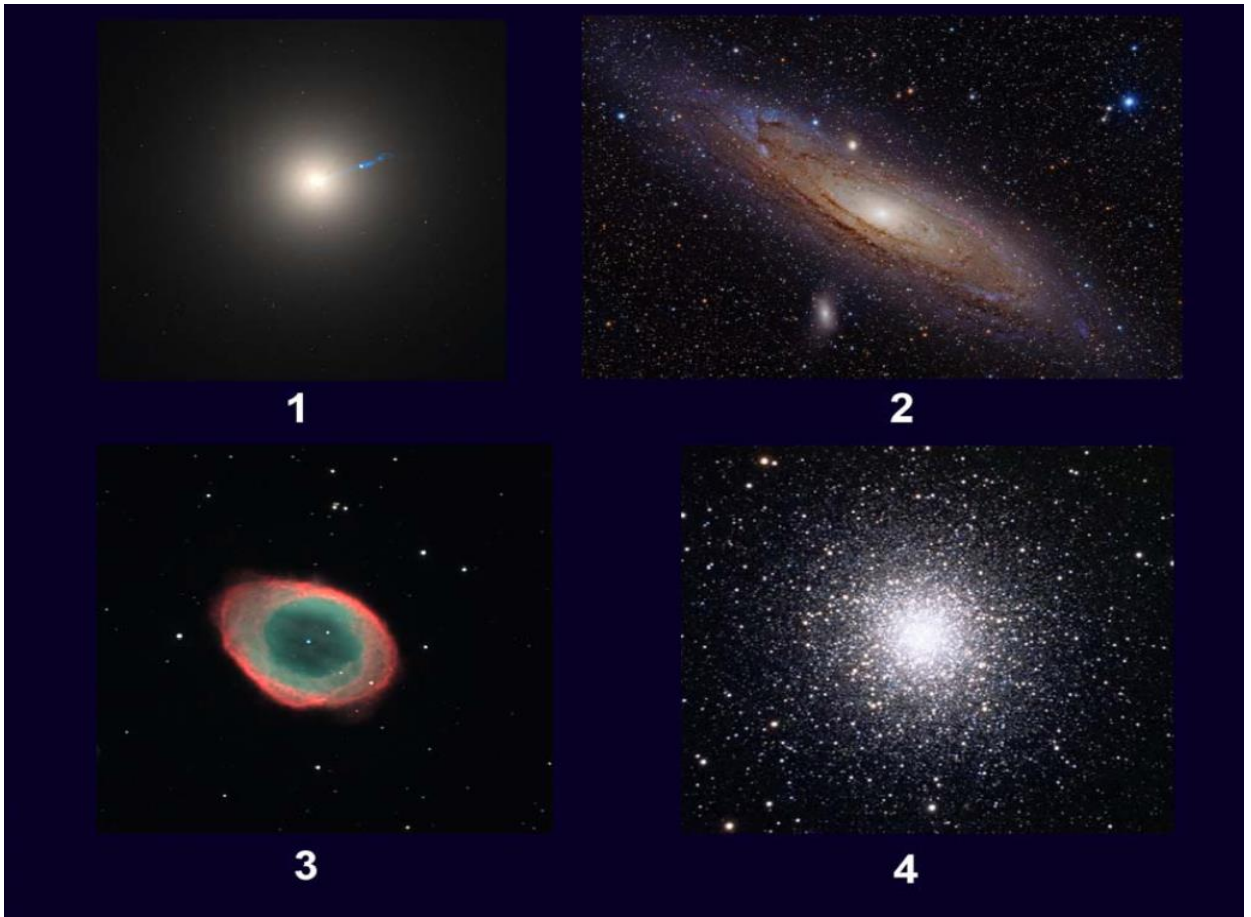
- 1) в западной элонгации
- 2) в нижнем соединении
- 3) в верхнем соединении
- 4) в восточной элонгации



5. Большая полуось орбиты визуальной двойной звезды 22 а.е. и период обращения компонентов вокруг центра масс 60 лет. Сумма масс компонентов в массах Солнца равна

- | | |
|---------|---------|
| 1) 2,95 | 3) 2,54 |
| 2) 3,25 | 4) 3,38 |

6. Расположите объекты 1, 2, 3, 4 на фотографиях в порядке увеличения расстояния от Земли



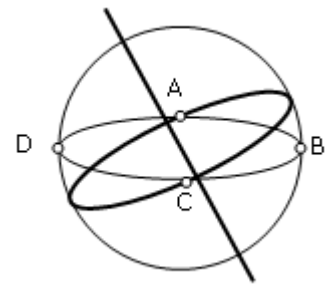
- | | |
|---------------|---------------|
| 1) 1, 2, 3, 4 | 3) 3, 4, 2, 1 |
| 2) 4, 2, 3, 1 | 4) 3, 1, 2, 4 |

7. Распределение энергии в спектре реликтового излучения соответствует температуре

- | | |
|----------|----------|
| 1) 2,7 К | 3) 50 К |
| 2) 4,0 К | 4) 273 К |

8. 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



9. Звёздное время в момент нижней кульминации Капеллы, прямое восхождение которой 5ч 10мин, равно

- | | |
|--------------|--------------|
| 1) 18ч 30мин | 3) 17ч 10мин |
| 2) 17ч 40мин | 4) 18ч 10мин |

10. Проницающая способность школьного телескопа с диаметром объектива 60 мм равна

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

Решение

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

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

Задание 2. Звезда α Орла с видимой визуальной звездной величиной $+0^m,98$ имеет параллакс $0,198''$. Звезда σ Ориона имеет те же характеристики $+3^m,78$ и $0,002''$ соответственно. Какая из этих звезд и во сколько раз кажется нам ярче и каково отношение их светимостей?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Ответить на первый вопрос можно, сравнив визуальный блеск. α Орла кажется нам ярче.	2
2	Используя формулу Погсона, определим во сколько раз ярче первая звезда $\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{m_2 - m_1} = 2,512^{3,78 - 0,98} = 2,512^{2,8} = 13,2$	2
3	Для сравнения светимостей также можно использовать формулу Погсона, но для этого нужны абсолютные звездные величины указанных звезд, которые можно определить по формуле $M = m + 5 - 5 \lg r$, где r – расстояние до звезды (в парсеках), которое определяется через параллакс p звезды $r = \frac{1}{p}$. В результате расчетов получается $M_1 = 2,46^m, M_2 = -4,71^m$.	4
4	Найдем отношение светимостей, причем светимость второй звезды больше $\frac{L_2}{L_1} = 2,512^{M_1 - M_2} = 2,512^{2,46 - (-4,71)} = 2,512^{7,17} \approx 740$	2
Итого		10

Задание 3. Что представляют собой две самые яркие, видимые даже невооруженным глазом, туманности земного неба Туманность Андромеды и Туманность Ориона, из чего они состоят, и за счет чего они светят?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Туманность Андромеда - ближайшая спиральная галактика из крупных галактик в созвездии Андромеды. Расстояние до Туманности Андромеды - около 2 млн св. лет. Галактику можно увидеть невооруженным глазом в созвездии Андромеда. Ее свечение обусловлено совокупным свечением всех звезд.	2
2	Галактику Туманность Андромеды также называют Великой спиральной галактикой. Известна под номером М31 (по каталогу Мессье) и под номером NGC224 по Новому общему каталогу. Туманность Андромеды имеет восемь спутников, из которых два самых известных – эллиптическая галактика М 32 (NGC221) рядом с центром М 31 и эллиптическая галактика NGC205. Другие спутники галактики	2

	Туманность Андромеды М31 менее яркие, например карликовая галактика, названная Андромеда VIII, расположена на небе вблизи карликовой эллиптической галактики М32.	
3	Угловой диаметр галактики М31 - 100' (16 кпк), расстояние – 670кпк (около 2 млн св. лет.). Абсолютная звездная величина $M = -21,1^m$. Видимая звездная величина $m = 3,4^m$.	2
4	Туманность Ориона (или М 42) – это газовая туманность, состоящая в основном из водорода (из газа). Она находится в нашей Галактике на расстоянии около 1000 св. лет, ее диаметр около 16 св. лет. Ее свечение объясняется свечением горячего газа. Туманность Ориона видна невооруженным глазом в созвездии Ориона. Иногда эту туманность, чтобы отличить от других туманностей в созвездии Ориона, называют Большой туманностью Ориона. Большую туманность Ориона можно наблюдать невооруженным глазом в созвездии Ориона, ниже и левее так называемого пояса Ориона, состоящего из трех легко узнаваемых звезд.	2
5	Газовая туманность Большая туманность Ориона светится за счет молодых горячих звезд спектрального класса О. Эти звезды имеют мощное ультрафиолетовое излучение, которое ионизирует газ туманности Ориона. Большая туманность Ориона представляет собой огромную область звездообразования и является одной из самых известных астрономических туманностей. Она расположена сравнительно недалеко от нас. Расстояние до туманности Ориона 460 пк. Диаметр туманности 35' или 5 пк. Масса 300 М Солнца.	2
	Итого	10
	Примечание	
	Если ответ дан частично, но в нем присутствует главное, что эти небесные объекты имеют принципиальное отличие: <i>свечение галактики (Туманность Андромеды) обусловлено свечением звёзд, а свечение газовой туманности (Туманность Ориона) объясняется свечением горячего газа</i>	4

Задание 4. Красная звезда по диаметру в 2 раза больше своей голубой соседки по двойной системе. Какая из звезд излучает больше энергии? Оцените, во сколько раз. Ответ поясните.

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Значение температуры поверхности звезды красного цвета заключено в пределах от 3000 до 4000 К, а звезд голубого цвета от 20000 до 30000 К.	2
2	По закону Стефана-Больцмана светимость звезды составляет $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$, где R и T – ее радиус и температура.	2
3	Для отношения светимостей звезд получаем: $\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2} \times \frac{T_1^4}{T_2^4} = \frac{1}{4} \frac{T_1^4}{T_2^4},$ где индекс 1 относится к голубой звезде, а индекс 2 – к красной. В зависимости от принятых значений температуры отношение светимостей составит от 150 до 2500.	2
4	Можно попытаться определить тип каждой из звезд. Для этого надо учесть условие, что красная звезда в 2 раза больше голубой,	2

	накладывает ограничения на возможное сочетание в этой паре звезд разных типов. Голубая звезда не может быть горячим белым карликом, так как в этом случае красная звезда (даже если это красный карлик) будет иметь значительно большие размеры.	
5	Следовательно, горячая звезда – яркий голубой гигант или сверхгигант, а красная звезда в этом случае будет красным гигантом.	2
	Итого	10

Задание 5. Линия водорода H_γ с длиной волны $\lambda_0 = 4340\text{Å}$, измеренная в спектре далекой галактике имеет $\lambda = 4774\text{Å}$. Измеренные угловые размеры галактики равны $10''$. Определите, с какой скоростью и куда движется эта галактика, на каком расстоянии она находится и каков ее линейный диаметр в парсеках. Сравните с диаметром Млечного Пути.

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Красное смещение линии в спектре галактики равно $z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0 = 434 / 4340 = 0,1$.	2
2	Согласно эффекту Доплера это смещение линии объясняется удалением от галактики со скоростью $V = z \cdot c = 30000 \text{ км/с}$.	2
3	Согласно закону Хаббла расстояние до галактики $r = V/H = 30000/63 = 476 \text{ Мпк}$. Постоянная Хаббла 63 км/с Мпк .	2
4	Диаметр галактики равен $d = r \cdot \sin 10'' = 476 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 0,08 \text{ Мпк} = 95 \text{ кпк}$.	2
5	Диаметр Млечного Пути (спиральной галактики) равен 30 кпк .	1
6	Галактика больше нашей Галактики в 3 раза.	1
	Итого	10

Задание 6. Космический телескоп Хаббл в 1994 году получил фотографии самой далекой планеты Солнечной системы Плутона и его Спутника Харона. Анализ снимков позволил сделать выводы, что диаметр Плутона 2390 км , а Харона 1192 км , среднее расстояние между Плутоном и Хароном 19405 км , Харон обращается вокруг Плутона с периодом $6,387$ суток. По уточненным данным массы Плутона и Харона относятся как $11:1$. Из какого вещества, скорее всего, сложен Плутон?

Решение

№	Этапы решения	Баллы
1	Для определения массы системы Плутон-Харон применяем третий уточненный закон Кеплера: $\frac{(M_n + M_x) \cdot T_x^2}{(M_\oplus + M_\text{я}) \cdot T_\text{я}^2} = \frac{a_x^3}{a_\text{я}^3} \Rightarrow M_n + M_x = M_\oplus \cdot \frac{a_x^3}{a_\text{я}^3} \cdot \frac{T_\text{я}^2}{T_x^2}$	2
2	$M_n + M_x = 6 \cdot 10^{24} \cdot \left(\frac{19405}{384400} \right)^3 \cdot \left(\frac{27,32}{6,4} \right)^2 = 14 \cdot 10^{21} \text{ кг}$	1
3	Отсюда: $M_n = 12,84 \cdot 10^{21} \text{ кг}$, $M_x = 1,16 \cdot 10^{21} \text{ кг}$,	2
4	$\rho_n = \frac{M_n}{V_n} = \frac{M_n}{\frac{1}{6} \pi d_n^3} = \frac{12,84 \cdot 10^{21}}{\frac{1}{6} \cdot 3,14 \cdot 2390^3 \cdot 10^9} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$	2

5	$\rho_x = \frac{M_x}{V_x} = \frac{M_x}{\frac{1}{6}\pi d_x^3} = \frac{1,16 \cdot 10^{21}}{\frac{1}{6} \cdot 3,14 \cdot 1192^3 \cdot 10^9} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$	2
6	Судя по средней плотности, Плутон и Харон, скорее всего, сложены из льда (H_2O) с примесью других замерзших газов (аммиак, метан и др.).	1
	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 а.е. = $3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
Постоянная Хаббла $H = 63 \text{ км/с Мпк}$.

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	3.302·10 ²³	0.05271	2439.7	0.3825	5.42	58.646 сут	0.00	0.10	-0.1
Венера	4.869·10 ²⁴	0.81476	6051.8	0.9488	5.20	243.019 сут*	177.36	0.65	-4.4
Земля	5.974·10 ²⁴	1.00000	6378.1	1.0000	5.52	23.934 час	23.45	0.37	-
Марс	6.419·10 ²³	0.10745	3397.2	0.5326	3.93	24.623 час	25.19	0.15	-2.9
Юпитер	1.899·10 ²⁷	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	-2.9
Сатурн	5.685·10 ²⁶	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	-0.5
Уран	8.683·10 ²⁵	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час*	97.86	0.51	5.7
Нептун	1.024·10 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