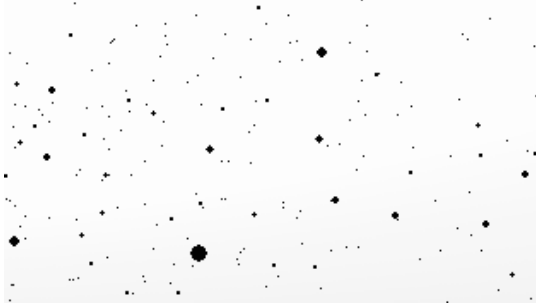
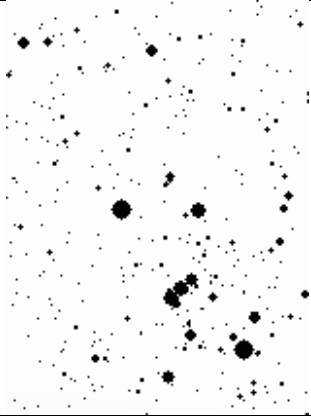




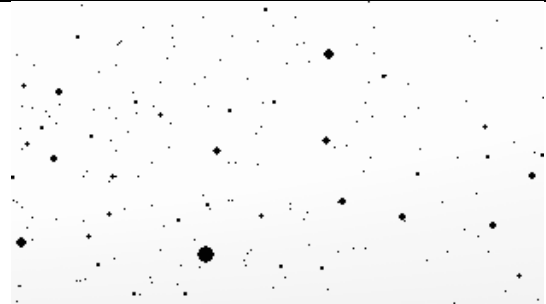

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
11 класс, 2019-2020 учебный год**

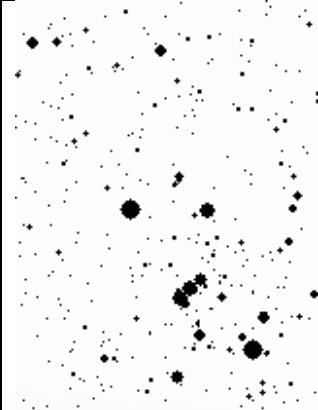

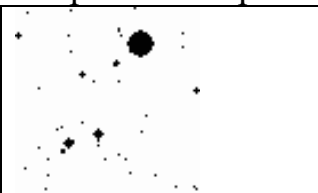
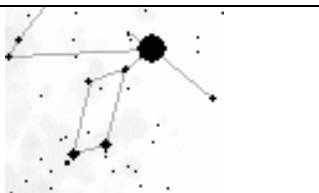
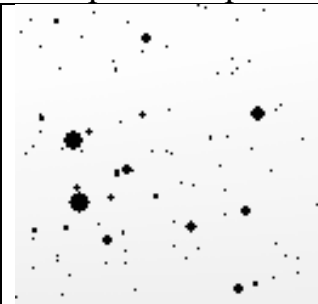

Задание 1.

На рисунках 1 – 4 представлены созвездия. Напишите их названия и названия их первых (α) звезд.

	
1)	2)
	
3)	4)

Решение.

1)		
Созвездие Девы. α Девы – Спика.		

2)		
Созвездие Ориона. α Ориона – Бетельгейзе.		
3)		
Созвездие Лиры. α Лиры – Вега.		
4)		
Созвездие Близнецы. α Близнецов – Кастор.		

Критерии оценивания

Определено созвездие Девы и его первая звезда	2 балла
Определено созвездие Ориона и его первая звезда	2 балла
Определено созвездие Лиры и его первая звезда	2 балла
Определено созвездие Близнецов и его первая звезда	2 балла
Всего	8 баллов

Задание 2.

Сколько планет, похожих на Юпитер, нужно объединить, чтобы образовалась звезда, похожая на Солнце? Можно ли создать такую звезду из огромного числа планет, похожих на Землю? Сколько их для этого понадобится?

Решение.

Химический состав Юпитера похож на химический состав Солнца. Поэтому для образования звезды надо лишь собрать нужную массу, а дальше

гравитация сделает все сама. То есть нужно около $N \approx \frac{1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}}{1,899 \cdot 10^{27} \text{ кг}} \approx 1000$ планет, похожих на Юпитер, для создания звезды, похожей на Солнце. «Собрать» звезду из планет, похожих на Землю, напрямую не получится, так как химический состав их различается очень сильно.

Критерии оценивания

Указано, что химический состав Юпитера схож с составом Солнца	3 балла
Определено необходимое количество планет похожих на Юпитер	2 балла
Указано, что собрать звезду из планет похожих на Землю напрямую не получится	3 балла
Всего	8 баллов

Задание 3.

Массы Земли и Луны различаются в 81,3. При этом земные приливы на Луне почти в 22 раза сильнее, чем Лунные на Земле. Объясните почему.

Решение.

Значение приливного ускорения зависит не только от массы тела, которое вызывает приливы, но и от радиуса тела, на котором приливы наблюдаются. Радиус Луны примерно в 3,7 раза меньше чем радиус Земли. Поэтому приливы будут отличаться в $81,3/3,7 \approx 22$ раза.

Критерии оценивания

Определено от чего зависит приливное ускорение	4 балла
Определено отношение между радиусами Земли и Луны	2 балла
Доказано различие в силе приливов в 22 раза	2 балла
Всего	8 баллов

Задание 4.

Зная, что светимость звезд главной последовательности с массами от 0,5 до 10 масс Солнца пропорциональна четвертой степени массы, получите формулу зависимости времени жизни таких звезд от массы. Вычислите время жизни звезд с массами 0,5; 5; 10 масс Солнца, зная что возраст Солнца сейчас оценивается в 5 млрд лет и оно будет находиться на главной последовательности еще столько же.

Решение.

Запас горючего в звезде пропорционален массе, а скорость истощения горючего – светимости. Отсюда $t \sim \frac{M}{L} \sim M^{-3}$. Время жизни Солнца около 10 млрд лет. Значит для звезды массой 0,5 массы Солнца время жизни около 80 млрд лет; для звезды массой 5 масс Солнца – 80 млн лет; для звезды массой 10 масс Солнца – 10 млн лет.

Критерии оценивания

Указано, что запас горючего в звезде пропорционален ее массе	2 балла
Указано, что истощение запаса горючего в звезде пропорционально ее светимости	2 балла
Получено соотношение $t \sim M^{-3}$	1 балл
Рассчитано время жизни звезды массой 0,5 массы Солнца	1 балл
Рассчитано время жизни звезды массой 5 масс Солнца	1 балл
Рассчитано время жизни звезды массой 10 масс Солнца	1 балл
Всего	8 баллов

Задание 5.

Аристарх Самосский, великий философ Греции жил в 320 – 250 гг. до н.э. Вычислите, в каком году мы будем отмечать его 2400-летний юбилей со дня рождения мыслителя.

Решение.

Обычно складывается количество лет до нашей эры и количество лет нашей эры $320+2080=2400$, следовательно, на первый взгляд можно указать 2080 г. Однако так считать нельзя. При этом подсчете мы учитываем 320 г. до н.э. и 2080 г. целиком. Рассмотрим любую дату, например 18 апреля, оно отстоит на 0,29 года от его начала и на 0,71 года от его конца, причем промежуток в 0,71 г. относится к году до н.э., а промежуток в 0,29 – к году н.э. Тогда с 18 апреля пройдет $0,71+319+2079+0,29=2399$ лет. Подобный результат не зависит от даты, на примере которой его рассматривают. Следовательно к сумме лет до н.э. и лет н.э. нужно прибавить еще один год. Отсюда ясно, что 2400-летний юбилей Аристарха Самосского будет в 2081 году.

Критерии оценивания

Приведен традиционный подсчет и указано на его некорректность	3 балла
Приведен верный подсчет с учетом еще одного года	3 балла

Приведены пояснения причины необходимости правильного учета еще одного года	2 балла
Всего	8 баллов

Задание 6.

Для реализации проекта запуска космического аппарата за пределы Солнечной системы рассматривается возможность запуска непосредственно с орбиты Земли со скоростью, достаточной для выхода за пределы Солнечной системы. Можно считать, что корабль движется либо под действием гравитационного поля или только Солнца, или планеты – в зависимости от того, чье поле сильнее в данной точке. Определите минимальную скорость корабля и ее направление относительно вектора орбитальной скорости Земли.

Решение.

Если принять потенциальную энергию аппарата в поле тяготения Солнца равной нулю при бесконечном удалении от Солнца, то для выхода космического аппарата за пределы Солнечной системы с орбиты Земли необходимо, чтобы в момент старта его полная энергия была больше или равна нулю:

$$E = \frac{mv^2}{2} - G \frac{mM}{r} \geq 0, v^2 \geq \frac{2GM}{r}, (1)$$

где m – масса аппарата, M – масса Солнца, r – радиус земной орбиты, v – скорость аппарата относительно Солнца. Орбитальная скорость Земли определяется из второго закона Ньютона:

$$G \frac{mM}{r^2} = m \frac{u^2}{r}, u^2 = \frac{GM}{r}. (2)$$

Из выражений (1) и (2) получаем $v^2 \geq 2u^2$, $v \geq \sqrt{2}u$. Между стартовой скоростью v_1 и скоростями v и u существует соотношение: $\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}_1$. Из рисунка ясно, что $v \leq u + v_1$, $v_1 \leq v - u \leq (\sqrt{2} - 1)u$. Следовательно, минимальное значение искомой скорости достигается при угле между векторами \vec{u} и \vec{v}_1 равном нулю: $v_1 = (\sqrt{2} - 1)u = 12,4 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.

Критерии оценивания

Использован закон сохранения энергии	2 балла
Проанализирована величина скорости аппарата относительно Солнца	1 балла
Найдено соотношение между орбитальной скоростью и	3 балла

скоростью относительно Солнца	
Определено соотношение и направление для скорости аппарата	2
Всего	8 баллов