

1. Stephenson 2-18

15 баллов

Титенский А.И.

Звезда Stephenson 2 – 18 – это красный сверхгигант, радиус которого в 2200 раз превышает радиус Солнца. Какие большие планеты окажутся внутри нее, если эту звезду поместить вместо Солнца в центр Солнечной системы?

Решение. Найдем размер звезды в более привычных единицах для астрономии, в которых можно сравнить ее размер с расстояниями планет от Солнца. Это астрономические единицы (а.е.), где 1 а.е. = 150 млн. км, что соответствует среднему расстоянию от Солнца до Земли.

$$R_s = \frac{2\,200 \cdot R_{\odot}}{1 \text{ а.е.}} = \frac{2\,200 \cdot 697\,000 \text{ км}}{150\,000\,000 \text{ км}} \approx 10.2 \text{ а.е.}$$

Воспользовавшись справочными материалами, определим, что внутри этой звезды оказались бы шесть планет Солнечной системы: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн.

Ответ. Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн.

Критерии оценивания.

15

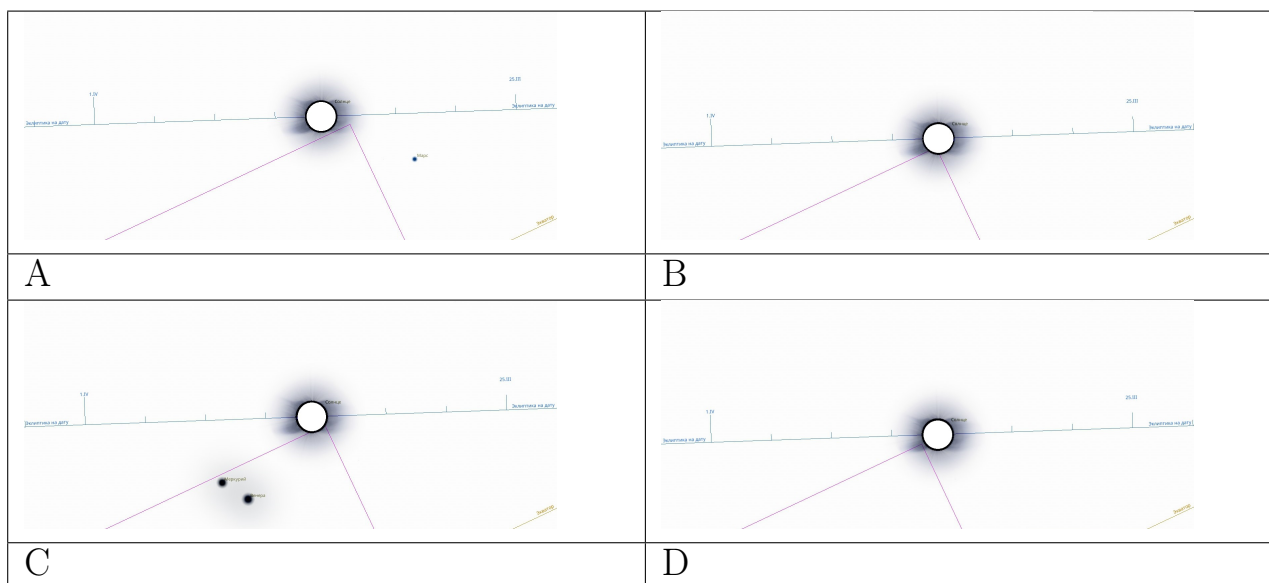
Определение радиуса в а.е.	10
Вывод выражения	6
Корректная подстановка и вычисления	4
Определение планет попадающих внутрь	5
Каждая ошибочная планета	-1
Если не указаны никакие планеты	0

2. Солнце в Ките

15 баллов

Игнатьев В.Б.

Один раз в год Солнце на 12 часов заходит своим краешком в созвездие Кита. Вам даны схема звездного неба, на которой вы видите границы созвездий и эклиптику (видимый путь центра Солнца по небу). Все схемы даны на один и тот же день года, в одно и тоже время, начиная с 2027 по 2030 год. Определите какая схема относится к какому году. Обязательно укажите почему так происходит.



Решение. Известно, что тропический год длится $365 + 1/4$ дня, а календарный год – или 365, или 366 дней. Значит, когда год високосный, то за 366 дней Солнце успевает пройти полный круг $+ 3/4$ дня.

Так как Солнце по эклиптике движется справа налево (с запада на восток), то в високосный год окажется максимальное смещение диска Солнца влево (на восток). Это схема А. Единственный високосный год из предложенного интервала – 2028.

Обычный год длится 365 дней, что меньше тропического года, поэтому после 2028 года за каждый последующий год Солнце будет проходить меньше, чем целый круг, на $1/4$ дня. Поэтому схема С соответствует 2029 году, схема В – 2030 году, схема D соответствовала бы 2031 году, но такого нет в заданном интервале времени. Поэтому для нее подойдет 2027 год, который также идет перед високосным. Верный ответ – DACB.

Ответ. DACB

Критерии оценивания.	15
Длительность года - 365.25	2
Разная длительность календарного года	4
Високосный год максимальное смещение налево. Вариант А	4
Постепенно смещение вправо. Вариант С - 2029	1
Постепенно смещение вправо. Вариант В - 2030	1
Начальный рисунок. Вариант D	3

3. 3 спутника

15 баллов

Игнатьев В.Б.

Искусственные спутники Земли летают на разных высотах, и от этого у них разный период обращения вокруг Земли. Три различных спутника Земли все время летают над экватором. У одного из них период равен 24 часа, у второго – 16 часов, у третьего – 10 часов. В некоторый момент все спутники одновременно оказались над одной и той же точкой на экваторе. Когда они снова окажутся над той же самой точкой Земли? Все спутники вращаются в стороны вращения Земли, считать период обращения Земли вокруг своей оси равным 24 часам.

Решение.

Поскольку спутники должны оказаться над той же самой точкой Земли, каждый из них должен сделать целое число оборотов вокруг Земли. Обозначим как N , M , K количество оборотов первого, второго и третьего спутника соответственно. Тогда искомое время t будет равно:

$$t = 24N = 16M = 10K$$

Это уравнение в целых числах можно решить подбором, а для оптимизации подбора можно воспользоваться методом разложения на множители. Представим каждый из периодов в следующем виде:

$$24 = 2 \times 2 \times 2 \times 3$$

$$16 = 2 \times 2 \times 2 \times 2$$

$$10 = 2 \times 5$$

Число

$$(2 \times 2 \times 2 \times 3) \times 2 = 48 = (2 \times 2 \times 2 \times 2) \times 3$$

делится как на 24, так и на 16. При этом 48 и оставшийся период 10 оба являются четными, но 10 также делится еще и на 5. Поэтому число $48 \times 5 = 240$ делится и на 10, и на 16, и на 24. Найденное число 240 называется *наименьшим общим кратным* (НОК) чисел 10, 16, 24.

Число необходимых оборотов для повторения положения у каждого спутника будет равно:

$$N = 2 \times 5 = 10 \text{ оборотов,}$$

$$M = 3 \times 5 = 15 \text{ оборотов,}$$

$$K = 2 \times 2 \times 2 \times 3 = 24 \text{ оборота.}$$

Ответ. Положение повторится через $t = 240$ часов.

Критерии оценивания.

15

Вывод о целом числе оборотов 3

Это наименьшее общее кратное 2

Разложение на простые множители периодов 2×3

Нахождение численного значения НОК 3

Итоговый ответ 1

4. Цербер

15 баллов

Игнатьев В.Б., Кузнецов М.В.

До утверждения единой звездной карты в разных странах существовали созвездия отсутствующие сейчас. Цербер (лат. Cerberus) — отменённое созвездие, введено Яном Гевелием в 1690 году в небесном атласе «Уранография». Перед вами фрагмент атласа с этим созвездием. Ответьте на следующие вопросы:

- Видно ли это созвездие в средних широтах северного полушария?
- В каком месяце самое благоприятное время для того, чтобы увидеть звезды этого созвездия?
- С какими созвездиями граничит это созвездие в северной своей части?

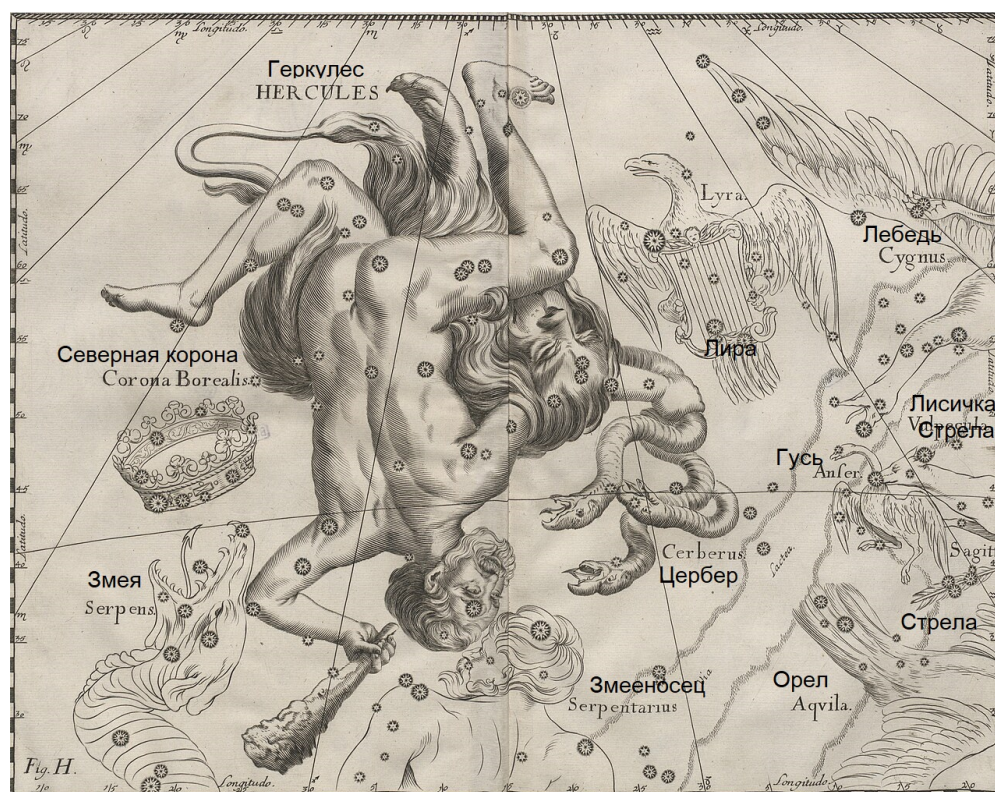


Рис. 1: К задаче «Цербер».

Решение. Обратим внимание, что на звездной карте присутствует сетка координат, из которой видно, что сверху находится север, снизу юг, слева запад, а справа восток. Т.е. это карта - участок глобуса небесной сферы.

Небесный экватор расположен сильно южнее и не виден на карте, следовательно, это созвездие видно в северных широтах.

Севернее расположены созвездия Геркулес, Ли́ра, западнее - Северная Корона,

Геркулес и Змея, южнее - Змееносец и Орел, к востоку - Лисичка, Гусь, Лира и Лебедь.

Условие видимости соответствуют условиям видимости соседнего созвездия Лиры, входящего в летне-осенний треугольник, наилучшие условия видимости которого - Июнь, Июль.

Ответ. Ответы:

А. Да созвездие видно.

В. Июнь, Июль.

С. Геркулес и Лира.

Критерии оценивания.	15
Понимание карты.....	5
Верная ориентация Цербера и стороны света.....	1
Нахождение граничащих созвездий.....	2
Вывод о видимости.....	2
Обоснованное определение времени видимости.....	6
Обоснование по видимости Лиры или Веги.....	3
Вывод о видимости в июне-июле.....	3
Нахождение граничащих с севера созвездий:.....	4
Если только Геркулес и Лира.....	4
Если только Геркулес или только Лира.....	3
Если есть Геркулес или Лира и не правильное созвездие.....	2
За каждое дополнительное не верное созвездие -1 балл, но суммарная оценка за этот пункт не менее 0.	

5. Дальняя Луна

15 баллов

Кузнецов М.В.

В далеком будущем расстояние от Земли до Луны возросло на 25%, во сколько раз изменится скорость движения Луны по орбите вокруг Земли, если новый период обращения составит 37 дней и 18 часов? Каков станет новый угловой размер Луны, если текущий размер составляет $\theta = 0.5^\circ$?

Решение. Запишем выражения для углового размера спутников:

$$\theta = 3438' \frac{D_{\text{Л}}}{a_0}, \theta_1 = 3438' \frac{D_{\text{Л}}}{a_1}$$

Где: θ - видимый угловой размер Луны, θ_1 - искомый угловой размер дальнего спутника, a_0 - радиус лунной орбиты, $a_1 = 1.25a_0$ радиус орбиты дальнего спутника. Тогда:

$$\frac{\theta_1}{\theta} = \frac{3438' \frac{D_{\text{Л}}}{a_1}}{3438' \frac{D_{\text{Л}}}{a_0}} = \frac{a_0}{a_1} \rightarrow \theta_1 = \theta_0 \frac{a_0}{a_1} = 0.5^\circ \cdot \frac{1}{1.25} = 0.5^\circ \cdot \frac{4}{5} = 0.5^\circ \cdot 0.8 = 0.4^\circ$$

Определим отношение скоростей:

$$L = 2\pi a_0 = V_0 \cdot T_0 \rightarrow V_0 = \frac{2\pi a_0}{T_0}$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{\frac{2\pi a_1}{T_1}}{\frac{2\pi a_0}{T_0}} = \frac{a_1 T_0}{a_0 T_1} = \frac{1.25}{1} \frac{27.3}{37 + \frac{18}{60}} = 0.9149 \approx 0.91$$

Ответ. 1. Угловой размер составит $\theta_1 = 0.4^\circ$ 2. Отношение скоростей $\frac{V_1}{V_0} = 0.91$ или $\frac{V_0}{V_1} = 1.09$

Критерии оценивания.

15

Выражение нового радиуса орбиты в единицах старого $a_1 = 1.25a_0$ 2

Выражение для круговой скорости $S = V \cdot T \rightarrow L = 2\pi a_0$ 3

Выражение для отношения скоростей общее или по отдельности 5

Определение нового углового размера 5

6. Вечерняя антенна

20 баллов

Кузнецов М.В.

Перед вами негатив фотографии радиотелескопа РТ-70, диаметр антенны которого составляет 70 м. Найдите расстояние до места съемки и размер кадра, если угловой размер Солнца на Земле составляет $\theta_{\odot} = 0.5^{\circ}$. В какую сторону света смотрит камера фотографа? Измерения и построения проводите на специальном бланке для решений с негативом фотографии, и сдайте его вместе с работой.

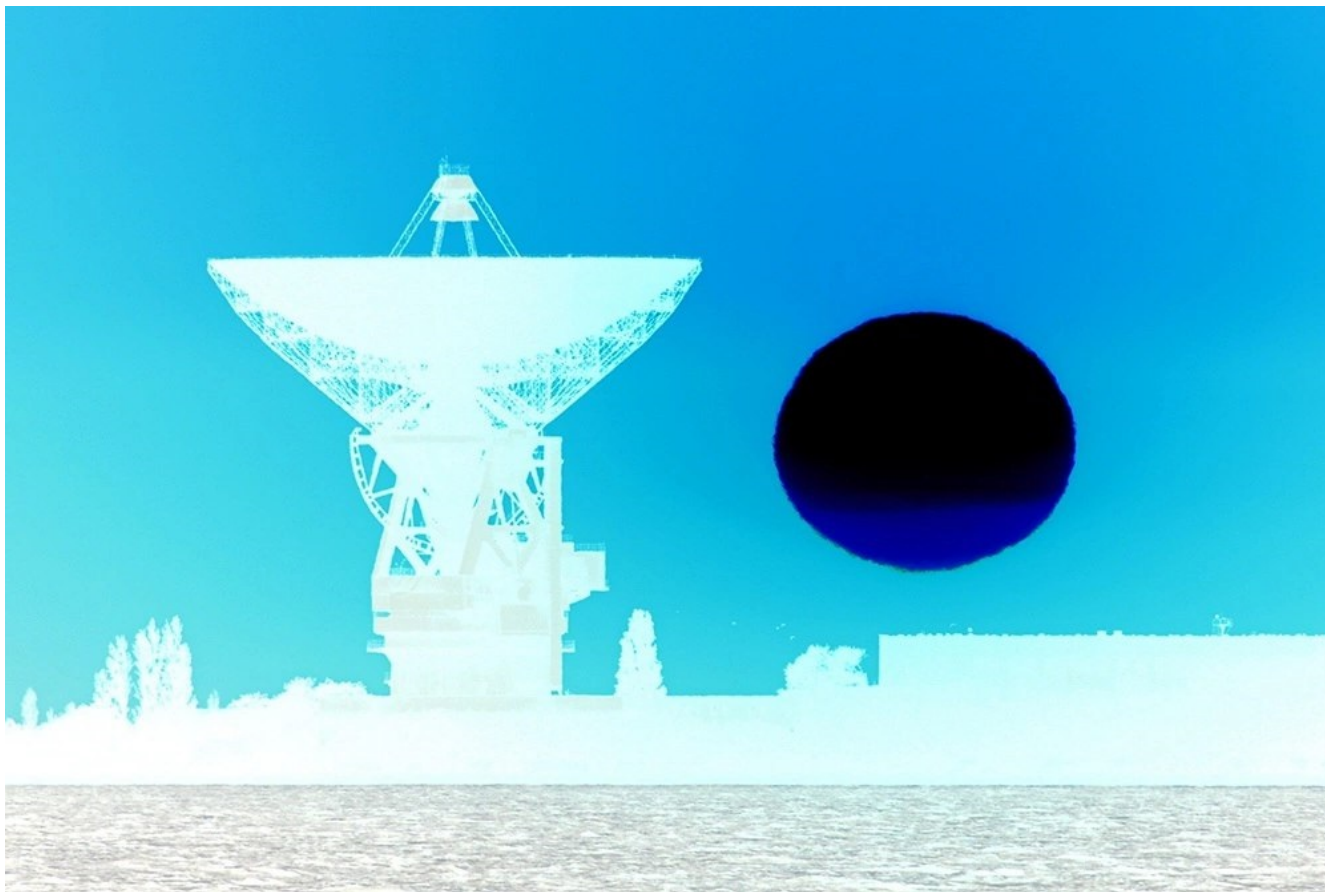


Рис. 2: К задаче «Вечерняя антенна».

Решение. Для того, чтобы определить размер кадра и дальность необходимо определить масштаб снимка. Для этого измерим размер диска Солнца:

$$D_{\odot X} = 34 \text{ мм}, \quad D_{\odot Y} = 28 \text{ мм}$$

Как видим, этот размер разный в зависимости от направления, что связано с искажениями изображения у горизонта. Эти искажения не меняют размер диска Солнца по горизонтали, но искажают по вертикали. Следовательно правильно взять не искаженный размер. Известно, что угловой размер диска Солнца

составляет $\theta_{\odot} = 0.5^{\circ}$, значит масштаб составит:

$$a = \frac{\theta_{\odot}}{D_{\odot}} = \frac{0.5}{34} = 0.015^{\circ}/\text{мм}$$

Масштаб для вертикального размера Солнца – $a = 0.018^{\circ}/\text{мм}$

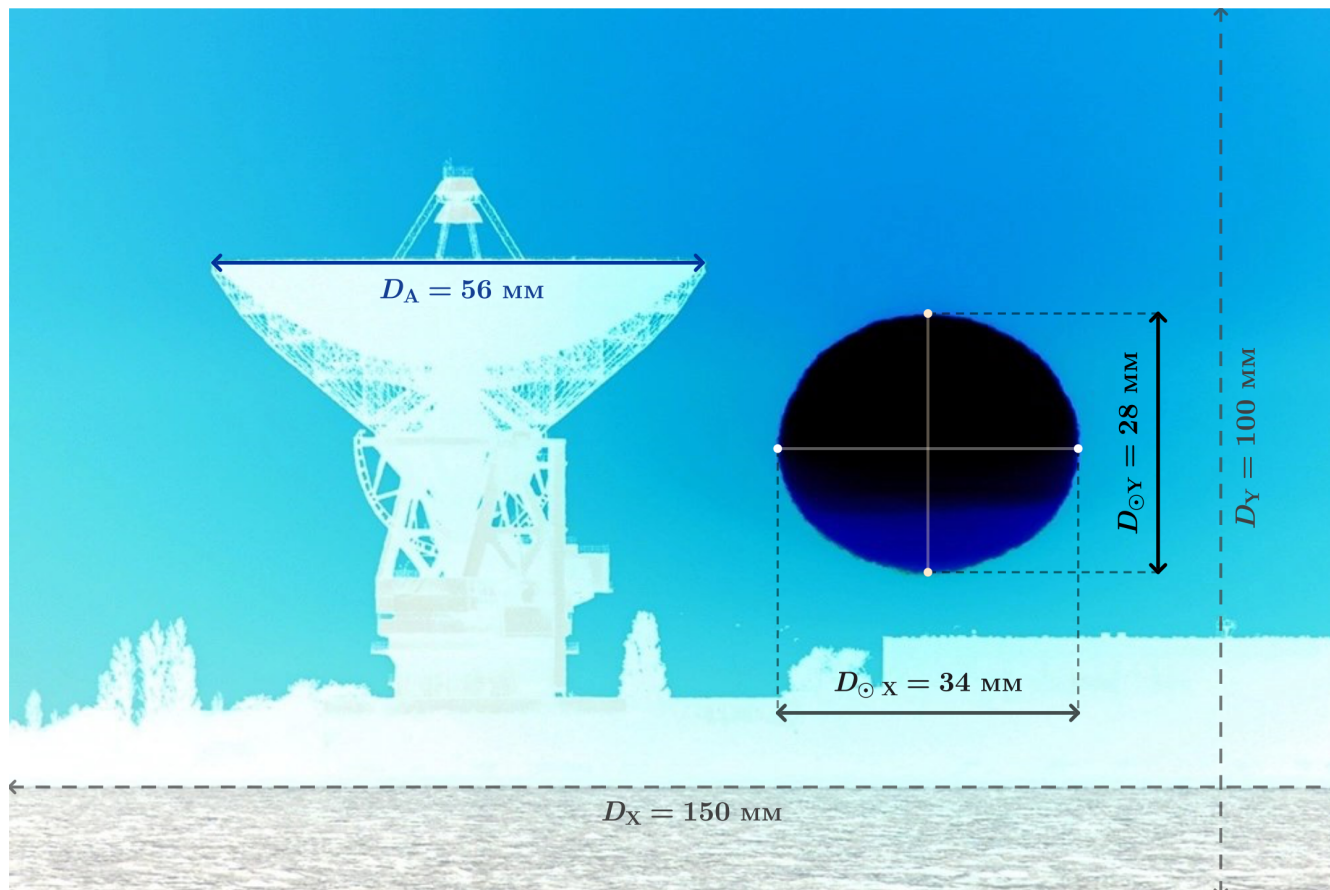


Рис. 3: Решение к задаче «Вечерняя антенна».

Найдем угловой размер диаметра чаши антенны РТ-70, измерив ее размер на снимке $D_A = 56 \text{ мм}$:

$$\theta_A = a \cdot D_A = 0.015 \cdot 56 = 0.84^{\circ}$$

Угловой размер РТ-70 для вертикального размера Солнца – $\theta_A = 1^{\circ}$ Вычислим расстояние до точки наблюдения через формулу углового размера:

$$\theta_A = 57.3 \frac{D_A}{\Delta} \rightarrow \Delta = 57.3 \frac{D_A}{\theta_A} = D_A \frac{57.3}{0.84} = 4775 \approx 4800 \text{ м} = 4.8 \text{ км}$$

Расстояния до точки фотографирования для вертикального размера Солнца – $\Delta = 3979 \text{ м} = 4.0 \text{ км}$ Определим размеры кадра, если по рисунку $D_X =$

150 мм, $D_Y = 100$ мм:

$$\theta_X = a \cdot D_X = 0.015 \cdot 150 = 2.25^\circ, \theta_Y = a \cdot D_Y = 0.015 \cdot 100 = 1.50^\circ$$

Размер кадра составит $\theta_X \times \theta_Y = 2.25^\circ \times 1.50^\circ$ Размер кадра для вертикального размера Солнца составит $\theta_X \times \theta_Y = 2.70^\circ \times 1.80^\circ$ Так как Солнце находится у горизонта, то это: либо восток, утро на восходе Солнца, либо запад, вечер перед заходом Солнца. В условии задачи написано название «Вечерняя антенна», следовательно, условию удовлетворяет, только один вариант – запад, вечер перед заходом Солнца.

Ответ. 1. Расстояние до места съемки составляет $\Delta = 4.8$ км ($\Delta = 4.0$ км) 2. Размер кадра поля зрения $\theta_X \times \theta_Y = 2.25^\circ \times 1.50^\circ$ ($\theta_X \times \theta_Y = 2.70^\circ \times 1.80^\circ$) 3. Камера фотографа смотрит на запад.

Критерии оценивания.

20

Определение масштаба снимка по Солнцу	7
Определение вертикального размера Солнца	2
Определение горизонтального размера Солнца	2
Если используются оба размера или находится средний то засчитываются оба критерия.	
Вывод о том, что нужно использовать горизонтальный размер Солнца ...	1
Нахождение масштаба $0.015 \pm 10\%$ °/мм.....	2
Определение углового размера антенны радиотелескопа.....	4
Размер антенны в мм.....	2
Определен угловой размер антенны.....	2
Определение расстояния до РТ-70 $\Delta = 4.8 \pm 0.3$ км	3
Если для определения использован вертикальный угловой размер Солнца, то за данный пункт выставляется 1 балл, если горизонтальный то 2 балла, если средний - 3 балла. При правильном ответе.	
Определение размеров кадра.....	4
Измерение X и Y в мм	1×2
Нахождение X и Y в °.....	1×2
Выбор утро или вечер, сторона горизонта запад.....	2

7. Сезоны года

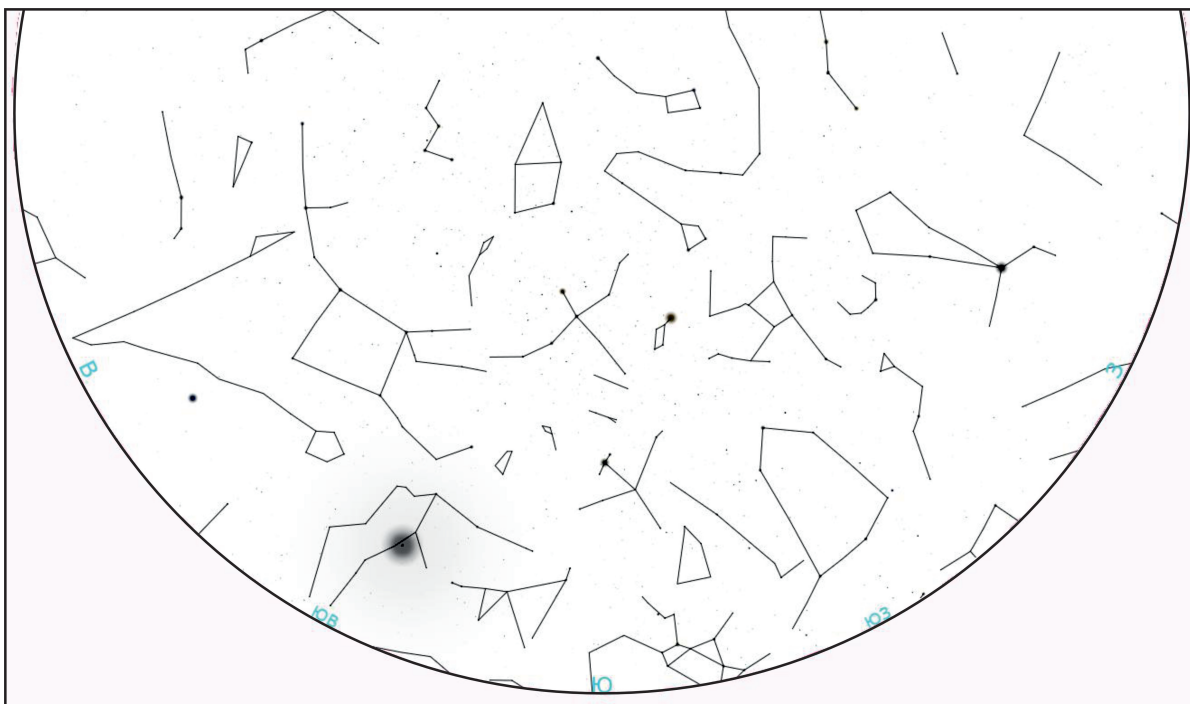
20 баллов

Игнатьев В.Б., Кузнецов М.В.

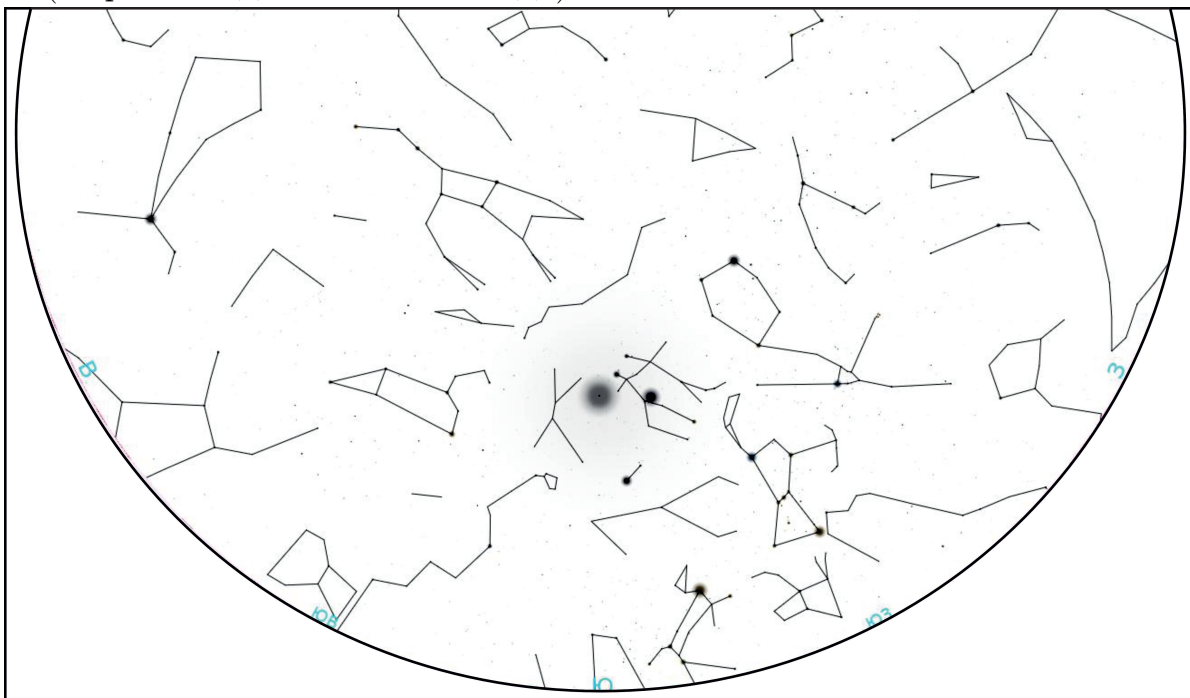
Перед вами вид звездного неба в направлении на юг около местной полночи в четырех разных временах года. Определите:

1. Последовательность видов начиная с начала года.
2. Какой из видов соответствует виду звездного неба летом?
3. В каком из них созвездие, в котором находится звезда Сириус заходит за горизонт, и как называется это созвездие?
4. В каких из них Луна находится на небесном меридиане, какова фаза Луны в этот момент?

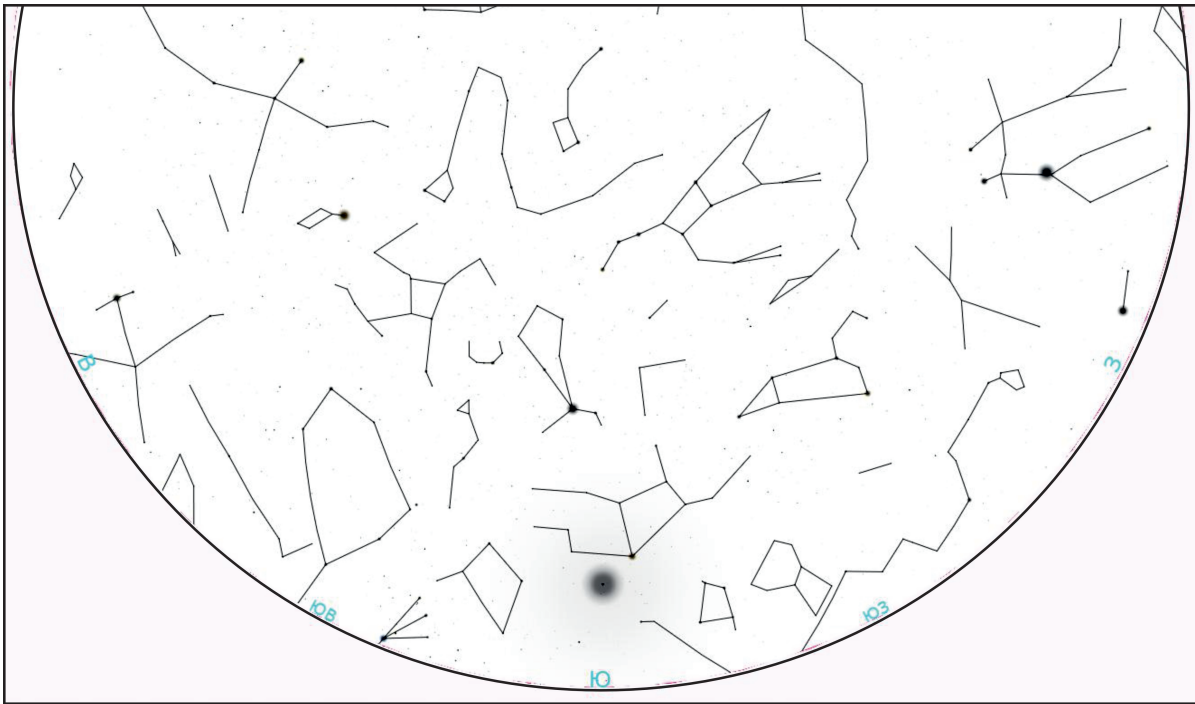
Измерения и построения проводите на специальном бланке для решений с картами, и сдайте их вместе с работой.



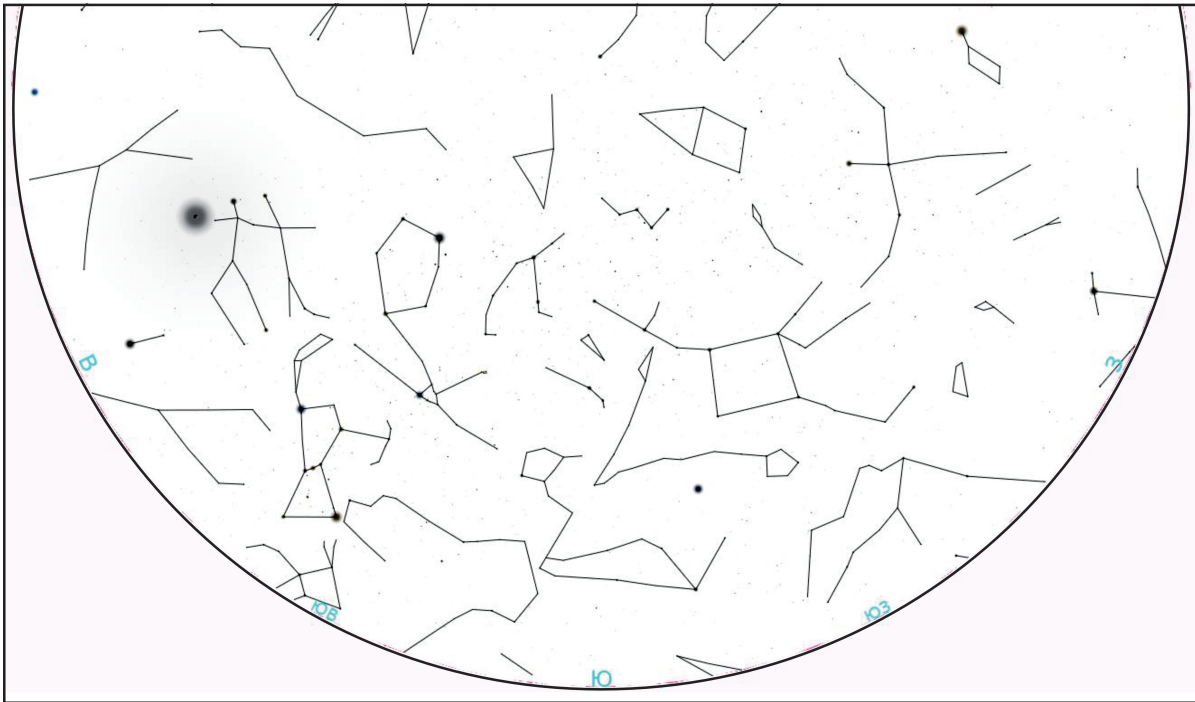
А (Карта к задаче «Сезоны Года»)



В (Карта к задаче «Сезоны Года»)

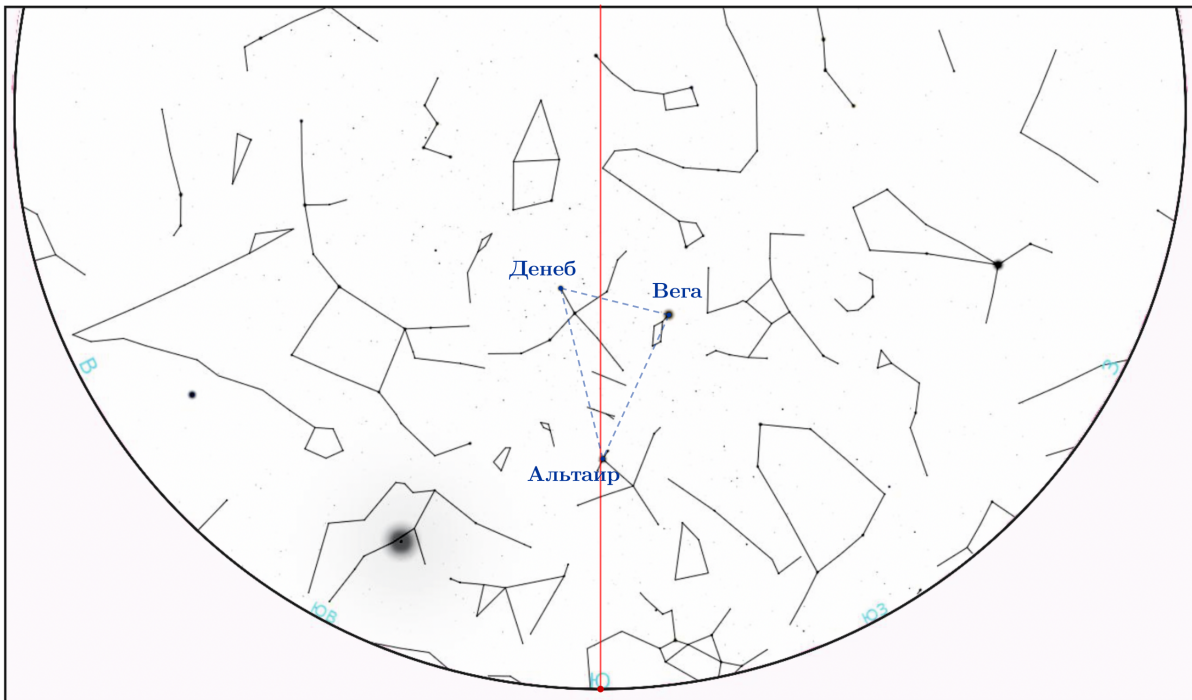


С (Карта к задаче «Сезоны Года»)

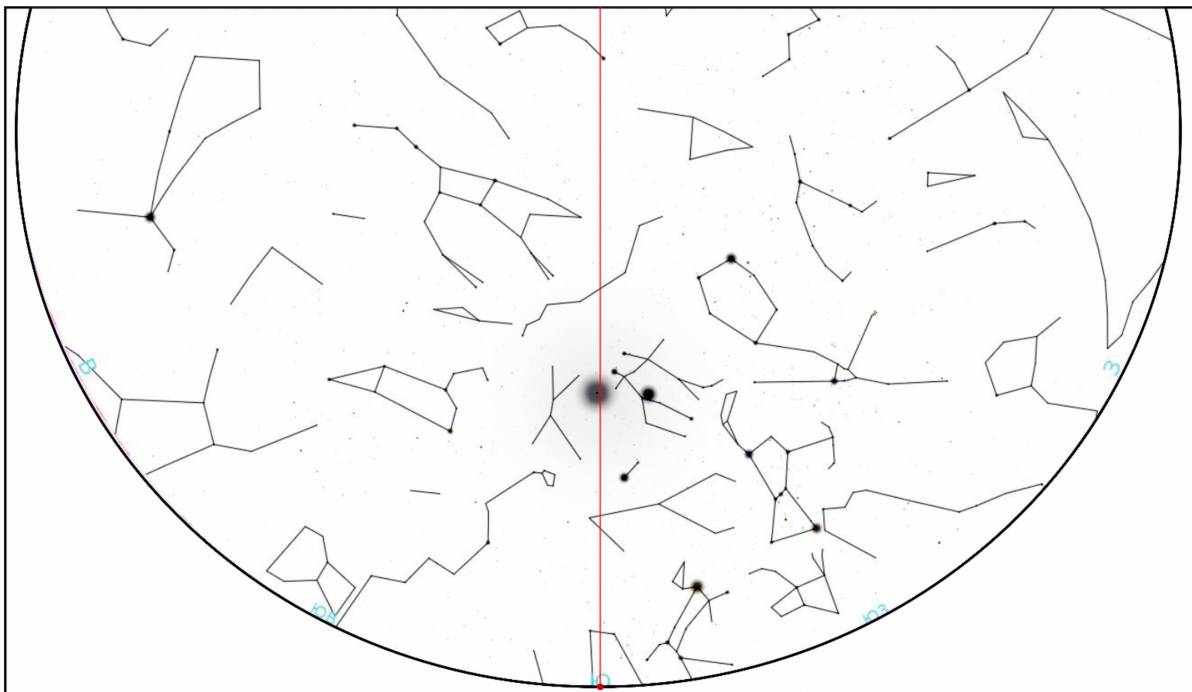


D (Карта к задаче «Сезоны Года»)

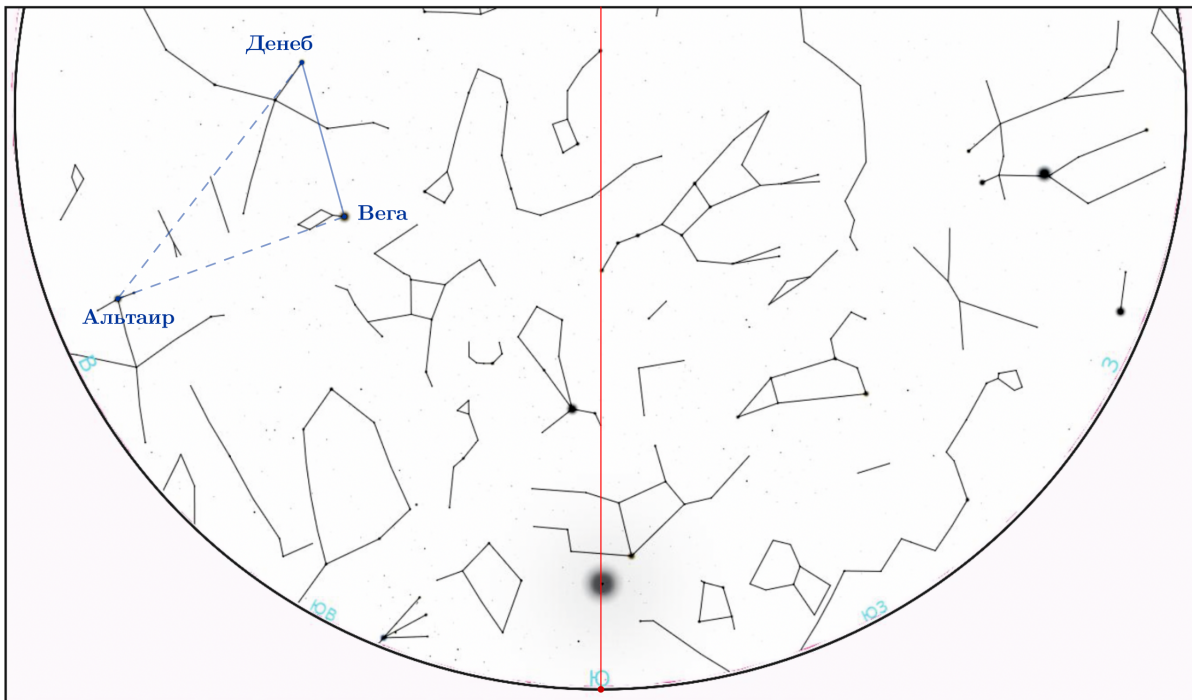
Решение. Из условия задачи следует, что перед нами вид звездного неба ночью. Следовательно самый яркий объект, видимый на всех предоставленных картах это Луна. Поскольку за год ночное небо при наблюдении в одно и тоже местное время сменяется на 360° , смещаясь примерно на 1° на запад (вправо на данных картах), в следствии вращения Земли вокруг Солнца.



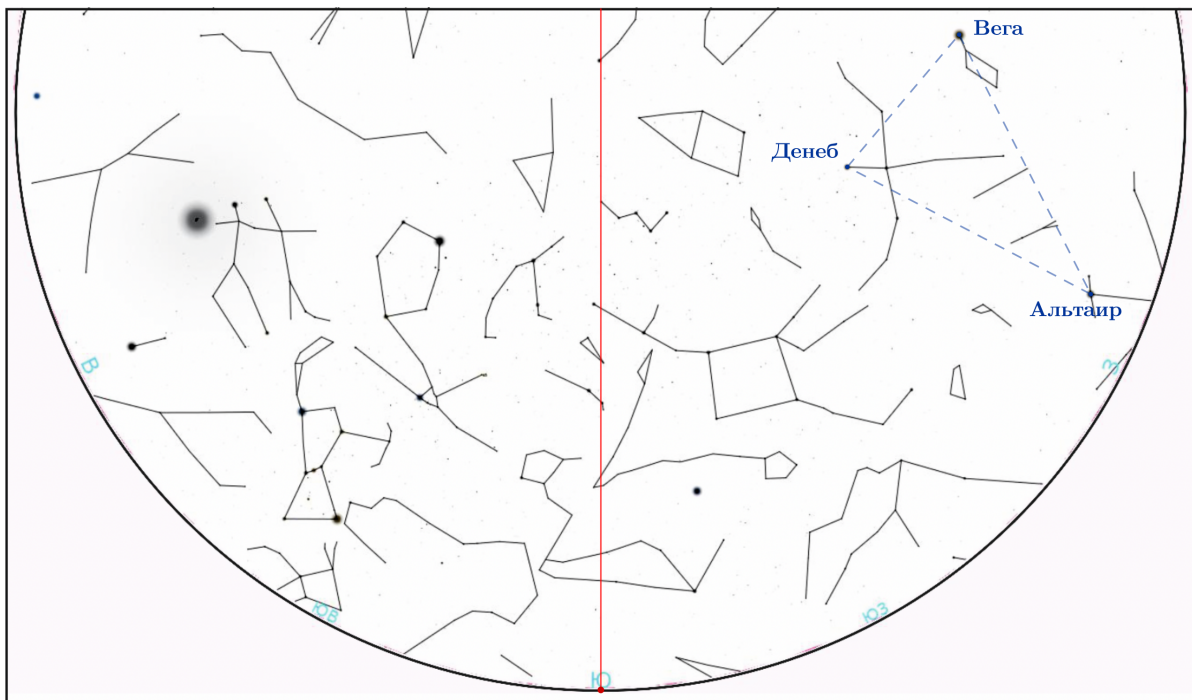
А (Карта к задаче «Сезоны Года») – вид звездного неба летом. Видны созвездия летне-осеннего треугольника в направлении на юг – Лира, Орел и Лебедь.



В (Карта к задаче «Сезоны Года») – на этой карте изображено созвездие Большого Пса пересекающее западную часть горизонта. Это вид звездного неба зимой после дня зимнего солнцестояния. И летне-осенний треугольник на нем не виден.



С (Карта к задаче «Сезоны Года») – вид звездного неба весной. Летне-осенний треугольник восходит над горизонтом на востоке.



Д (Карта к задаче «Сезоны Года») – вид звездного неба осенью. Летне-осенний треугольник заходит за горизонт на западе.

Небесный меридиан на картах такого вида проходит через точку юга на горизонте и полярной звездой видимой на всех картах. Следовательно Луна пересекает небесный меридиан на картах В и С. Поскольку в момент местной полночи Солнце пересекает небесный меридиан в самой нижней точке своего суточного

пути, а Луна противоположна Солнцу, то эта фаза – Полнолуние.

Ответ.

1. Последовательность видов начиная с начала года – ВСAD.
2. А – соответствует виду звездного неба летом.
3. Звезда Сириус α Большого Пса заходит за горизонт на карте В.
4. На картах В и С Луна находится на небесном меридиане, в фазе Полнолуния.

Критерии оценивания.

20

Вывод о северном полушарии	1
Смещение с востока на запад, слева на право	2
Определение соответствия сезонов года и звездного неба	8
Вид В – Зима	2
Вид С – Весна	2
Вид А – Лето	2
Вид D – Осень	2
Определение вида неба А как летнего	1
Определение вида звездного неба В с Сириусом	2
Указание - Сириус в созвездии Большого Пса	1
Нахождение Большого Пса на заходе - вид В	1
Определение видов с Луной в меридиане и фазы Луны	6
Определение небесного меридиана(проходит - точка юга-Полярная)	1
Определение карт с Луной (В и С)	3
Если обе правильно - 3 балла, Если только одна - 2 балла, Если указаны дополнительные не правильные, то за каждую -1 балл, Оценка за этот пункт не может быть меньше 0 баллов.	
Вывод о полнолунии	2