

1. UY Щита

15 баллов

Титенский А.И., Кузнецов М.В.

Звезда UY Щита - это красный сверхгигант, радиус которого в 1730 раз превышает радиус Солнца, а масса составляет $10M_{\odot}$. Ответьте на следующие вопросы

- Какие большие планеты окажутся внутри нее, если эту звезду поместить вместо Солнца в центр Солнечной системы?
- Во сколько раз средняя плотность этой звезды отличается от Солнечной?
- Во сколько раз средняя плотность этой звезды отличается от средней плотности Солнечной системы, заключенной в том же объеме вокруг Солнца.

Формула объема шара

$$V = \frac{4\pi}{3} R^3$$

Решение. Найдем размер звезды в более привычных единицах для астрономии. В тех, в которых можно сравнить ее размер с расстояниями планет от Солнца. Такие единицы это а.е., где $1 \text{ а.е.} = 1.5 \cdot 10^8 \text{ км}$.

$$R_s = \frac{1730 \cdot R_{\odot}}{1 \text{ а.е.}} = \frac{1730 \cdot 6.97 \cdot 10^5 \text{ км}}{1.5 \cdot 10^8 \text{ км}} \approx 8.0 \text{ а.е.}$$

Следовательно внутрь этой звезды попадут: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер. Определим отношение средних плотностей:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \frac{\rho_{\odot}}{\rho_*} = \frac{\frac{M_{\odot}}{\frac{4\pi}{3} R_{\odot}^3}}{\frac{M_*}{\frac{4\pi}{3} R_*^3}} = \frac{M_{\odot}}{M_*} \frac{R_*^3}{R_{\odot}^3} = \frac{1730^3}{10} = 5.2 \cdot 10^8$$

Определим отношение средней плотности звезды и средней плотности солнечной системы заключенной в том же объеме вокруг Солнца. Отметим, что массами планет $M_{\odot} \gg m_{\Sigma}$, следовательно массами планет по сравнению с Солнцем можно пренебречь.

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \frac{\rho_{cc}}{\rho_*} = \frac{\frac{M_{\odot} + m_{\Sigma}}{\frac{4\pi}{3} R_*^3}}{\frac{M_*}{\frac{4\pi}{3} R_*^3}} \approx \frac{M_{\odot}}{M_*} = \frac{1}{10} = 0.1$$

Ответ.

А. Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер

В. $\frac{\rho_{\odot}}{\rho_*} = 5.2 \cdot 10^8$

С. $\frac{\rho_{cc}}{\rho_*} = 0.1$

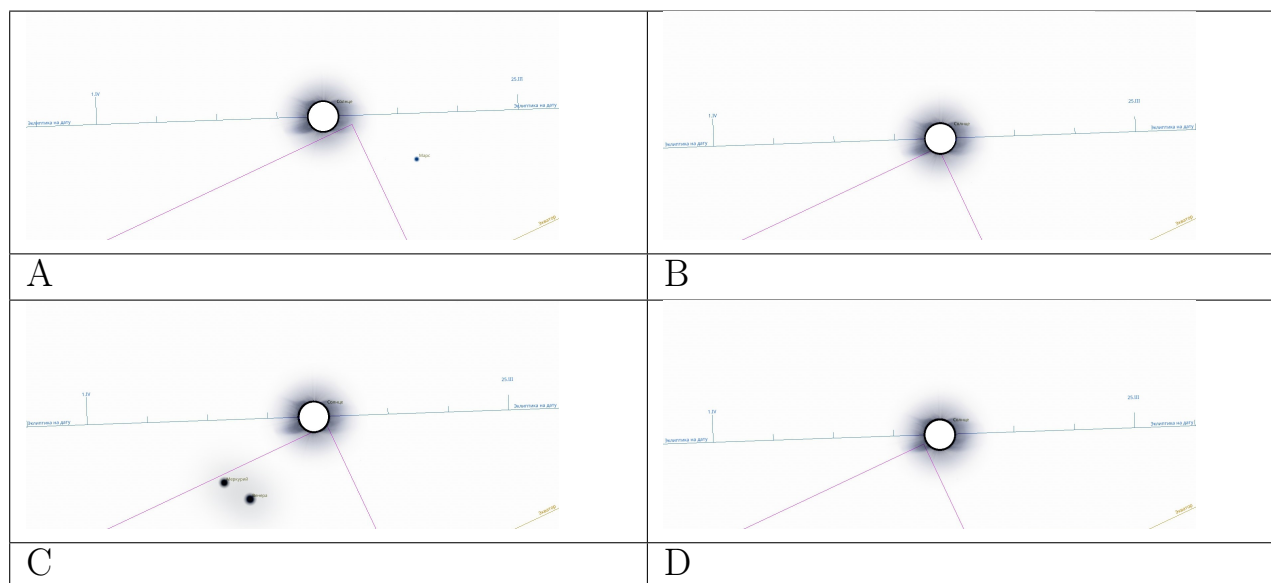
| Критерии оценивания. | 15 |
|---|-----------|
| Определение радиуса в а.е. | 3 |
| Вывод выражения | 2 |
| Корректная подстановка и вычисления | 1 |
| Определение планет попадающих внутрь | 3 |
| Каждая ошибочная или недостающая планета | -1 |
| Если не указаны никакие планеты | 0 |
| Отношение средних плотностей Солнца и звезды | 4 |
| Вывод выражения | 2 |
| Корректная подстановка и вычисления | 2 |
| Отношение средней плотности звезды и Солнечной системы | 5 |
| Утверждение, что массами планет можно пренебречь | 2 |
| Вывод выражения | 2 |
| Корректная подстановка и вычисления | 1 |

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. Шанхай

15 баллов

Бардин В.Д.

Определите время на часах, которое увидит житель Шанхая ($31^{\circ}13'$ с.ш., $\lambda = 121^{\circ}28'$ в.д., часовой пояс $UTC + 8$) в момент верхней кульминации Солнца в день проведения Олимпиады.

Решение. Вариант 1. Как известно истинный полдень по местному времени совпадает с полднем конкретного часового пояса только на центральном меридиане данного пояса. Следовательно следовательно, для часового пояса Шанхая это будет:

$$\lambda_8 = n \cdot 15^{\circ} = 8 \cdot 15^{\circ} = 120^{\circ} \text{ в.д.}$$

Что соответствует разнице по времени:

$$\Delta t = \frac{\lambda_8 - \lambda}{15^{\circ}} = \frac{120^{\circ} - 121^{\circ}28'}{15^{\circ}} = -\frac{1^{\circ}28'}{15^{\circ}} = -0.088^h$$

Знак минус означает, что долгота населенного пункта восточнее и полдень в нем наступит раньше.

$$T_{\text{гр}} = 12^h + \Delta t = 12^h - 0.088^h = 11^h54^m$$

Вариант 2. Время на часах – гражданское, или же поясное время. Оно вычисляет как:

$$T_{\text{гр}} = T_{\text{UTC}} + n,$$

где n – часовой пояс (в данном случае $n = 8$).

Всемирное время T_{UTC} можно найти из выражения для солнечного времени:

$$T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h \approx T_{\text{UTC}} + \frac{\lambda}{15^{\circ}}.$$

Часовой угол Солнца в момент Верхней Кульминации всегда равен $t_{\odot} = 0^h$.

Тогда:

$$T_{\text{UTC}} = t_{\odot} + 12^h - \frac{\lambda}{15^{\circ}}$$

$$T_{\text{гр}} = T_{\text{UTC}} + n = t_{\odot} + 12^h - \frac{\lambda}{15^{\circ}} + n.$$

Подставляя числа, получим:

$$T_{\text{гр}} = t_{\odot} + 12^h - \frac{\lambda}{15^{\circ}} + n = 0^h + 12^h - \frac{121^{\circ}28'}{15^{\circ}} + 8 = 11.902^h = 11^h54^m$$

Ответ. Время на часах составит $T_{\text{гр}} = 11^h54^m$

| | |
|--|-----------|
| Критерии оценивания. | 15 |
| Связь долготы и часового пояса..... | 3 |
| Связь всемирного и поясного времени..... | 3 |
| Нахождение разницы долгот..... | 3 |
| Перевод долготы в часовую меру..... | 3 |
| Нахождение гражданского времени полудня..... | 3 |

4. Поломка в космосе

15 баллов

Игнатьев В.Б.

В далекой далекой Галактике космический межзвездный корабль мгновенно разгоняется до крейсерской скорости 0.25 от скорости света, и также мгновенно тормозится. Он должен долететь до конечной точки за 20 лет. Но через 14 лет полета один из двигателей отказал, поэтому скорость корабля мгновенно снизилась на 40% . Определите:

А. Сколько времени ему потребуется, чтобы совершить весь полет.

В. Чему будет равна его средняя скорость?

Для иллюстрации вам представлен график скорости межзвездного корабля в единицах от скорости света для запланированного движения. Постройте в решении на этом графике второй график – скорости корабля от времени для случая с поломкой. Используйте для построений выданный лист с заготовкой графика.

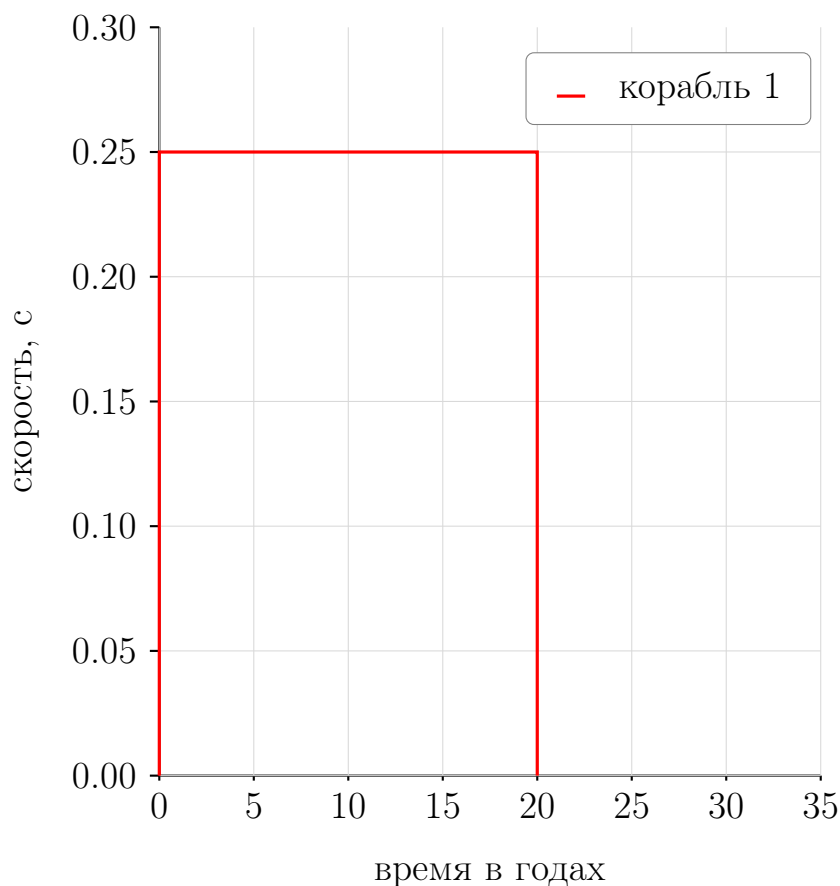


Рис. 1: График к задаче «Поломка в космосе»

Решение. Пусть, V_0 - скорость до поломки, $V_1 = 0.6V_0 = 0.15c = 45000$ км/сек -

сокровость после поломки, так как она сократилась на 40%. $\tau = 14$ лет время прошедшее до поломки, $t_0 = 20$ лет время полного полета без поломок. Определим расстояние, которое должен пройти корабль:

$$\Delta = V_0 \cdot t_0 = 0.25 \cdot 20 = 5 \text{ св.лет}$$

Расстояние, которое кораблю необходимо пройти после поломки:

$$x = \Delta - V_0 \cdot \tau$$

Определим время необходимое для полета с учетом поломки:

$$\begin{aligned} t &= \tau + \frac{x}{V_1} = \tau + \frac{\Delta - V_0 \cdot \tau}{V_1} = \tau + \frac{\Delta - V_0 \cdot \tau}{0.6V_0} = \\ &= \tau + \frac{1}{0.6} \frac{\Delta}{V_0} - \frac{\tau}{0.6} = \tau + \frac{5}{3}(t_0 - \tau) = 14 + \frac{5}{3}(20 - 14) = 24 \text{ года} \end{aligned}$$

Тогда средняя скорость составит:

$$V_{\text{ср}} = \frac{\Delta}{t} = \frac{V_0 \cdot t_0}{t} = \frac{t_0}{t} V_0 = \frac{20}{24} V_0 = \frac{5}{6} V_0 = \frac{5}{24} c = 62500 \text{ км/сек}$$

График скорости корабля от времени будет:

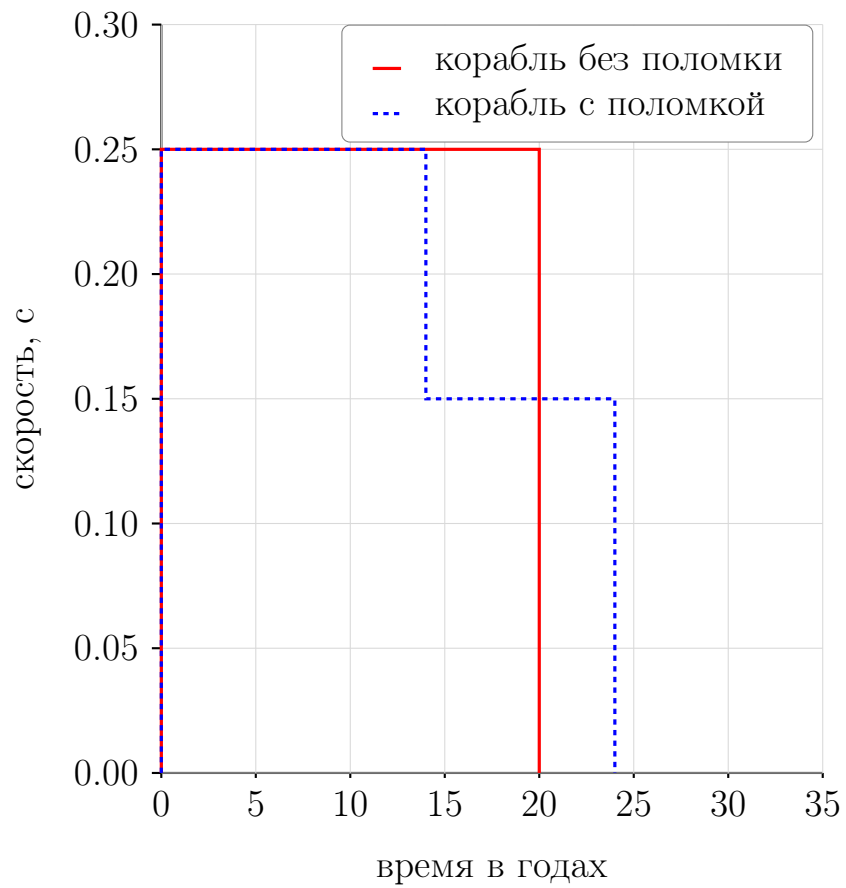
Ответ. 1. Полное время полета составит $t = 24$ года. 2. Средняя скорость корабля в полете составит $V_{\text{ср}} = \frac{5}{24} c = 62500 \text{ км/сек}$

Будет еще один вариант решения.

Критерии оценивания.

15

| | |
|--|---|
| Нахождение расстояния между звездами | 2 |
| Фактический полет | 7 |
| Выражение для нахождения расстояния до момента поломки | 2 |
| Выражение скорости после поломки | 2 |
| Выражение времени всего полета | 3 |
| Средняя скорость | 3 |
| График скорости | 3 |
| Скорость после поломки указана верно | 1 |
| Время полета со скоростью после поломки указано верно | 1 |
| Время полета указано верно | 1 |



5. Северная Муха

15 баллов

Игнатьев В.Б., Кузнецов М.В.

До утверждения единой звездной карты в разных странах существовали созвездия отсутствующие сейчас. Северная Муха (лат. *Musca Borealis*) — отменённое созвездие, предложено Планциусом в издании небесного атласа 1612 года. 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?

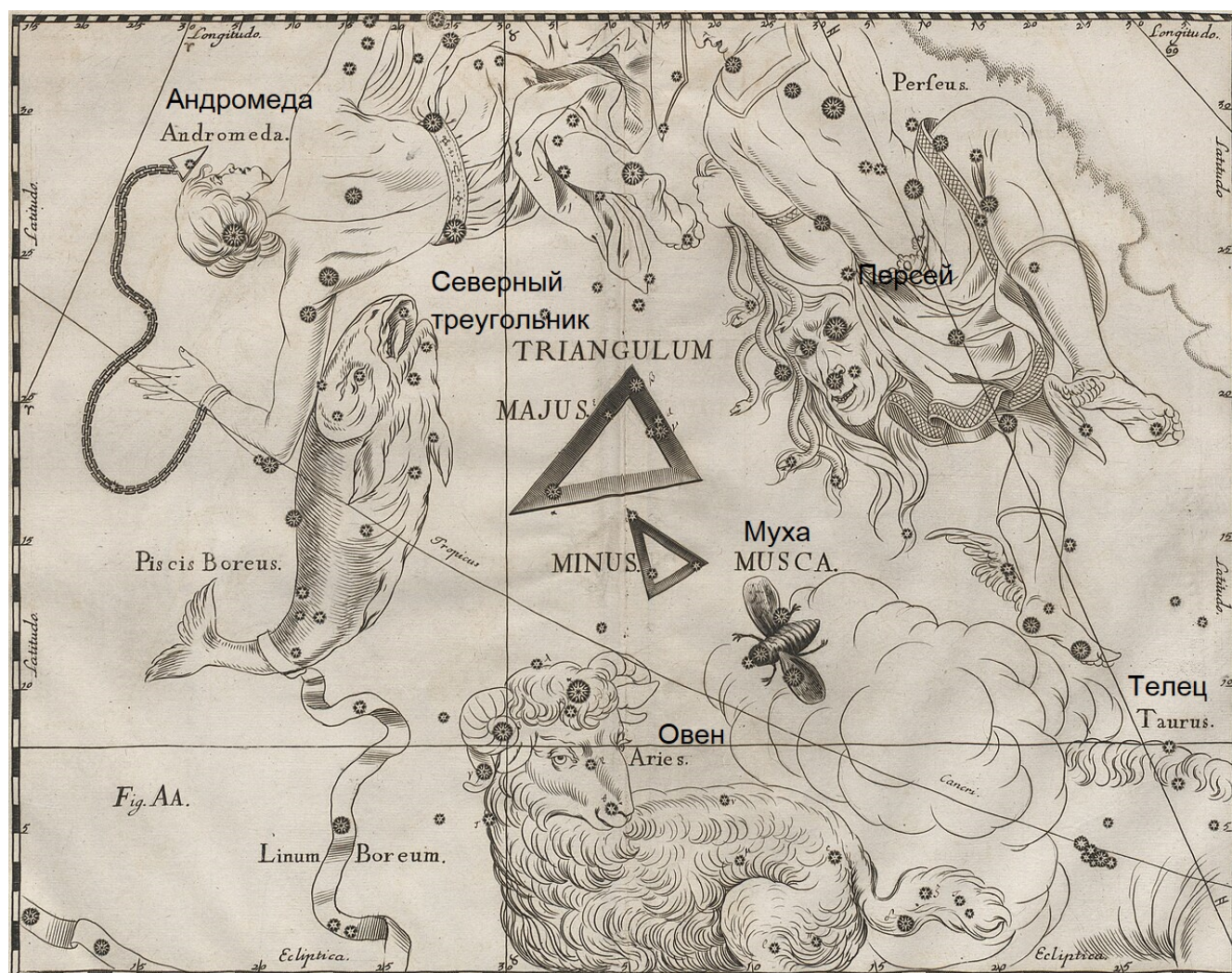


Рис. 2: К задаче «Северная Муха».

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 южнее и не виден на карте, следовательно, это созвездие видно в северных широтах.

Севернее расположены созвездия Северного Треугольника и Персея, западнее - Рыбы, южнее - Овен, к востоку - Персей и Телец.

По созвездиям Рыб, Овна и Тельца проходит эклиптика - годичный путь Солнца. В созвездии Овна Солнце проходит в апреле-мае, т.к. в созвездии Рыб расположена точка весеннего равноденствия. Следовательно лучшие условия видимости созвездия наступают через полгода в конце октября начале ноября.

Ответ. Ответы:

- А. Да созвездие видно.
- В. Октябрь, Ноябрь.
- С. Северный Треугольник, Персей.

| | |
|---|-----------|
| Критерии оценивания. | 15 |
| Понимание карты..... | 5 |
| Верная ориентация Северной Мухи и стороны света..... | 1 |
| Нахождение граничащих созвездий..... | 2 |
| Вывод о видимости..... | 2 |
| Обоснованное определение времени видимости..... | 6 |
| Солнце на границе Овна и Рыб в октябре-ноябре..... | 3 |
| Вывод о видимости через полгода от видимости Солнца..... | 3 |
| Нахождение граничащих с севера созвездий:..... | 4 |
| Если только Северный Треугольник и Персей..... | 4 |
| Если только Северный Треугольник или только Персей..... | 3 |
| Если есть Северный Треугольник или Персей и не правильное созвездие. | 2 |
| За каждое дополнительное не верное созвездие -1 балл, но суммарная оценка за этот пункт не менее 0. | |

6. Очень Большая Антенная Решётка

20 баллов

Игнатьев В.Б.

Перед вами негативная фотография VLA (Very Large Array (Очень Большая Антенная Решётка, Сверхбольшая Антенная Решётка) — 27 радиотелескопов в штате Нью-Мексико (США), работающих как единая сложная антенна — антенная решётка. Антенны радиотелескопов имеют 25 метров в диаметре. VLA использовался для поисков воды на Меркурии, микроквazarов, радио-корон вокруг звёзд и многих других исследований. Определите высоту Солнца над горизонтом в момент съёмки. Измерения и построения проводите на специальном бланке для решений с негативом фотографии, и сдайте его вместе с работой.

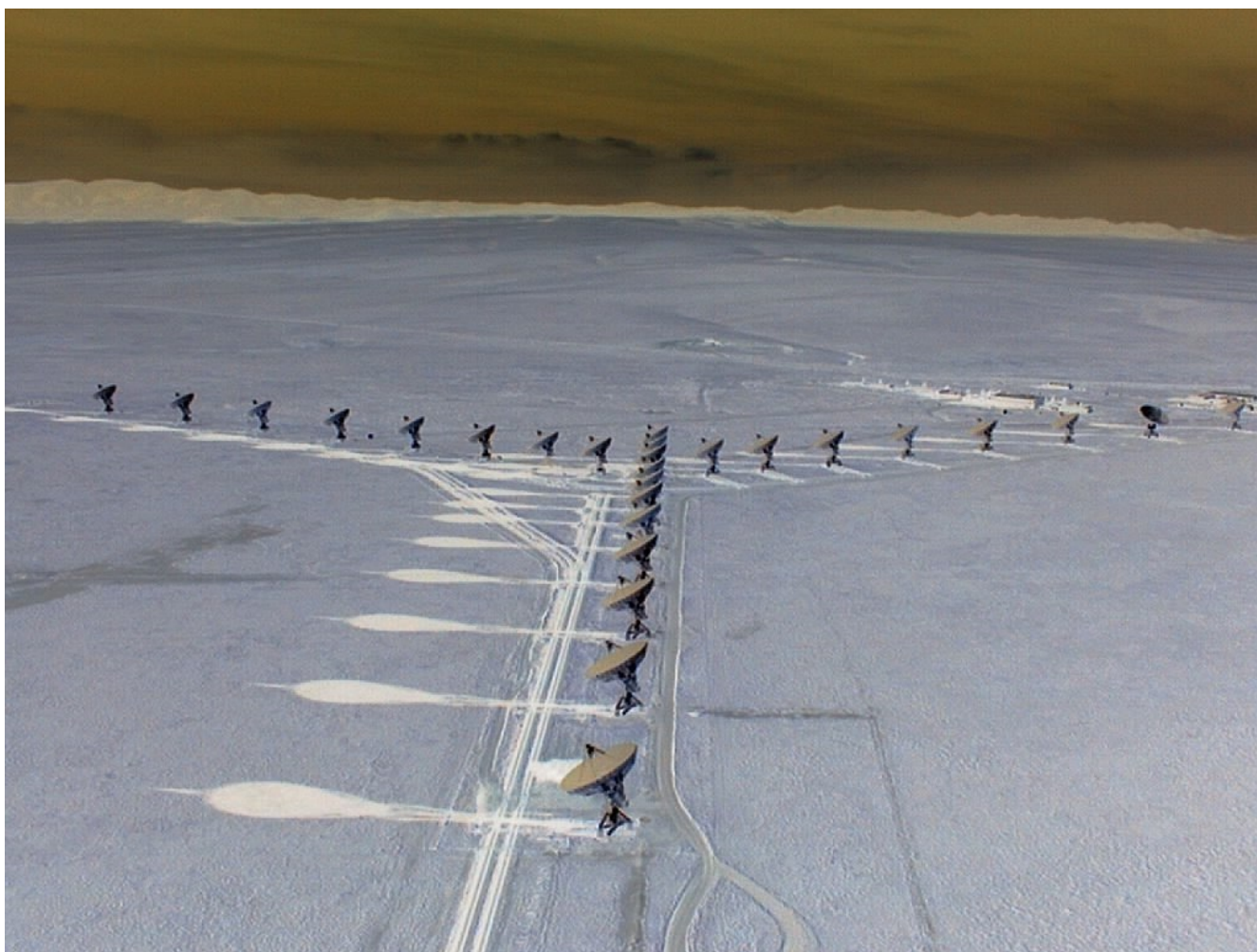


Рис. 3: Рисунок к задаче «Очень Большая Антенная Решётка»

Решение. Перед нами фотография на которой видны антенны и тени от них на земле. Пусть, h_{\odot} — высота Солнца над горизонтом, H_{A1}, H_{A2}, H_{A3} — высоты антенн на снимке, L_1, L_2, L_3 — длины теней от антенн. Отметим, что высота ан-

тени меряется от самой ее вершины, а длина тени от тени вторичного зеркала. Для повышения точности результатов проведем измерение трех ближних к нам антенн, так как длины их теней самые большие.

$$H_{A1} = 10 \text{ мм}, H_{A2} = 8 \text{ мм}, H_{A3} = 7 \text{ мм}$$

$$L_1 = 56 \text{ мм}, L_2 = 46 \text{ мм}, L_3 = 38 \text{ мм}$$

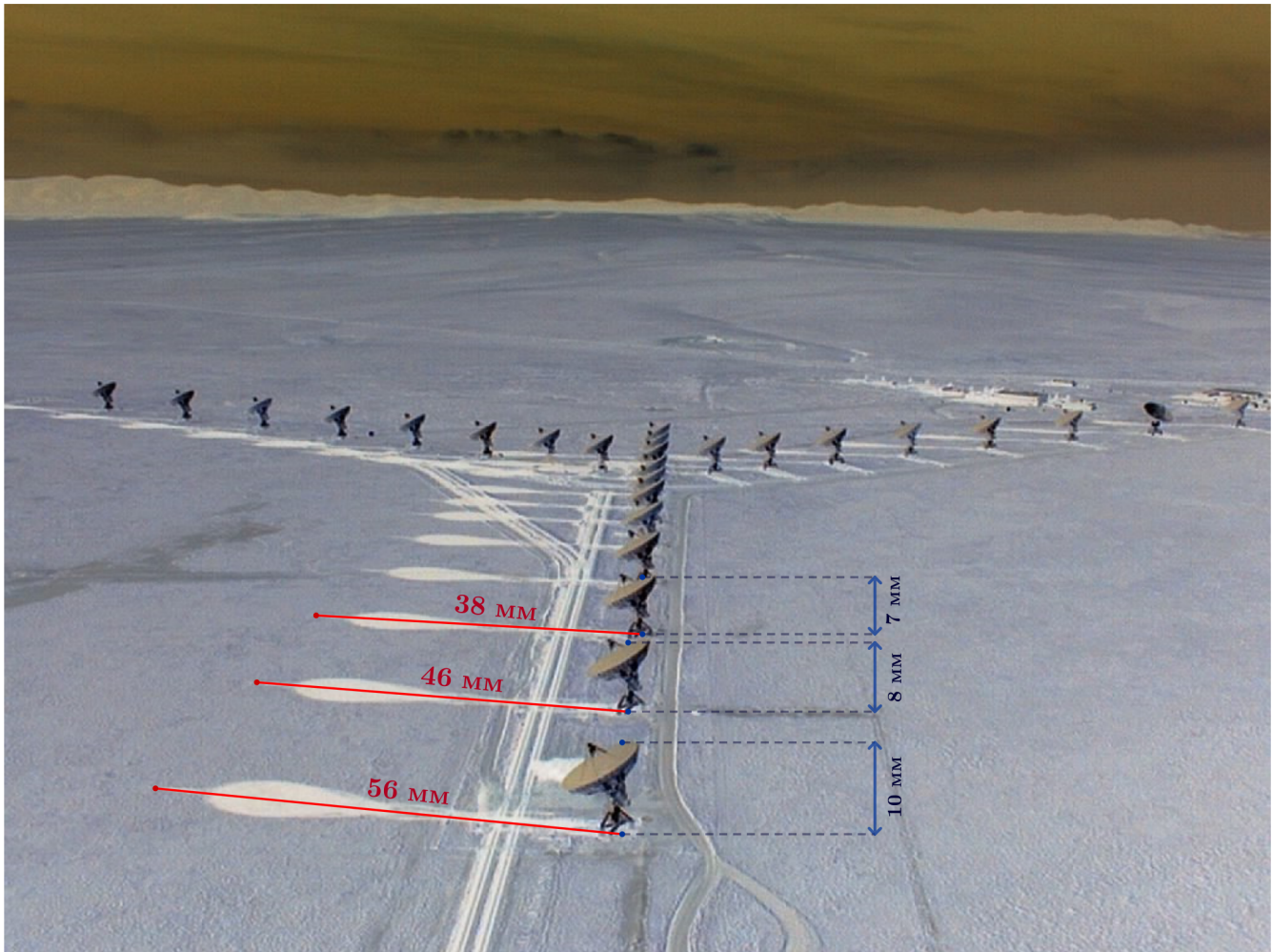


Рис. 4: Решение к задаче «Очень Большая Антенная Решётка»

Так как длина тени с высотой связана, найдем высоты для каждой антенны:

$$\tan h_{\odot} = \frac{H_A}{L_A} \rightarrow h_{\odot} = \arctan \frac{H_A}{L_A}$$

$$h_{\odot 1} = \arctan \frac{H_{A1}}{L_{A1}} = \arctan \frac{10}{56} = 10.1^{\circ} \approx 10^{\circ}$$

$$h_{\odot 2} = \arctan \frac{H_{A2}}{L_{A2}} = \arctan \frac{8}{46} = 9.9^{\circ} \approx 10^{\circ}$$

$$h_{\odot 3} = \arctan \frac{H_{A3}}{L_{A3}} = \arctan \frac{7}{38} = 10.4^\circ \approx 10^\circ$$

Найдем среднее значение полученных высот Солнца:

$$h_{\odot} = \frac{\Sigma h_{\odot i}}{N} = \frac{h_{\odot 1} + h_{\odot 2} + h_{\odot 3}}{3} = \frac{10.1^\circ + 9.9^\circ + 10.4^\circ}{3} = 10.1^\circ \approx 10^\circ$$

С точностью до одного градуса значения высот Солнца совпали и составили $h_{\odot} = 10^\circ$. Обратим внимание, что проводить измерения длины теней необходимо у самой ближней антенны, так как ее тень и высота максимальны в мм на снимке и точность их измерения будет самой высокой.

Критерии оценивания.

20

| | |
|---|---|
| Проведения измерений на фотографии..... | 3 |
| Есть описания, обозначения и величины снятых размеров..... | 3 |
| Проведены измерения для 3-х антенн..... | 3 |
| Проведены измерения для 2-х антенн..... | 2 |
| Проведены измерения для одной антенны..... | 1 |
| Связь высоты Солнца и длины теней..... | 8 |
| Общий вид вывод выражения..... | 4 |
| Корректная подстановка и вычисления..... | 4 |
| Нахождение высоты Солнца..... | 7 |
| Общий вид вывод выражения..... | 4 |
| Корректная подстановка и вычисления..... | 3 |
| Использование методов улучшения точности..... | 2 |
| Таких как: проведение нескольких измерений, усреднение измерений. | |

7. Сезоны года

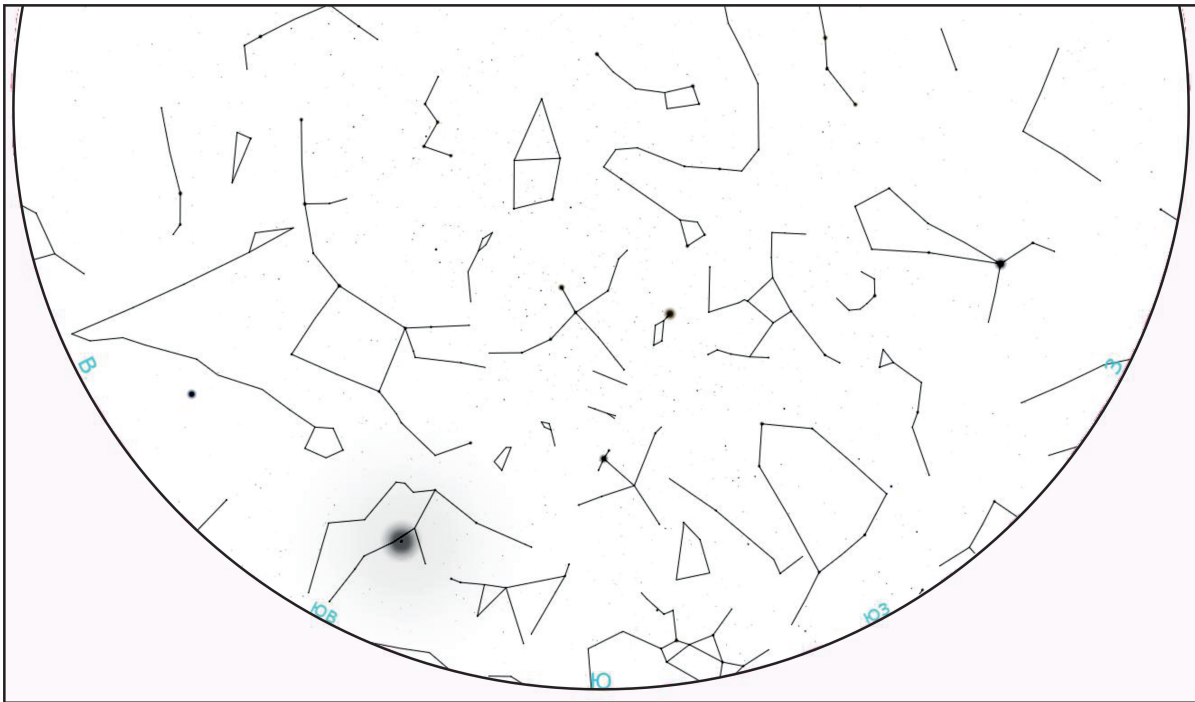
20 баллов

Игнатьев В.Б., Кузнецов М.В.

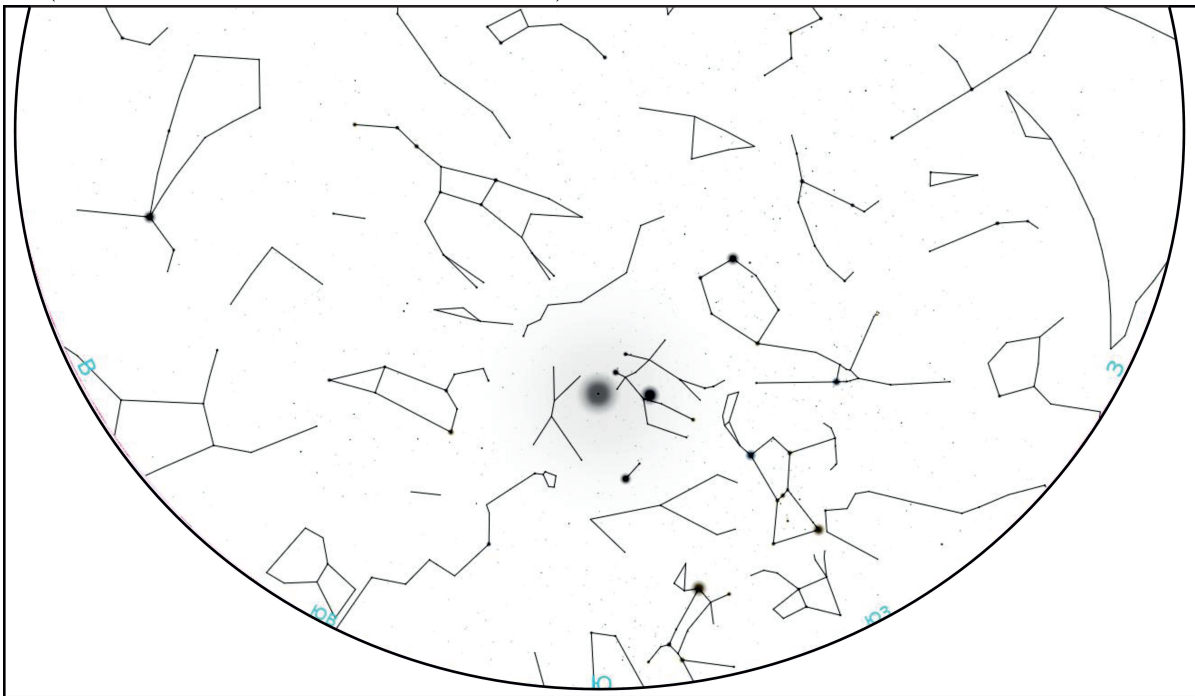
Перед вами вид звездного неба в направлении на юг около местной полночи в четырех разных временах года. Определите:

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?

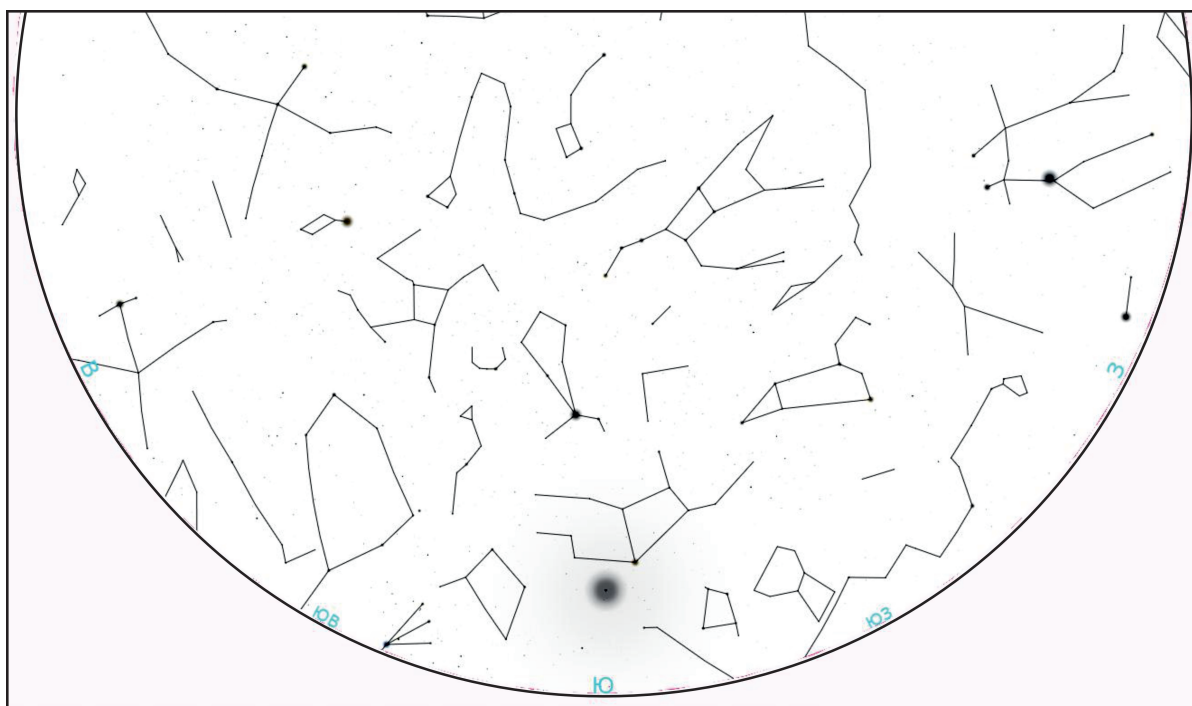
Измерения и построения проводите на специальном бланке для решений с картами, и сдайте их вместе с работой.



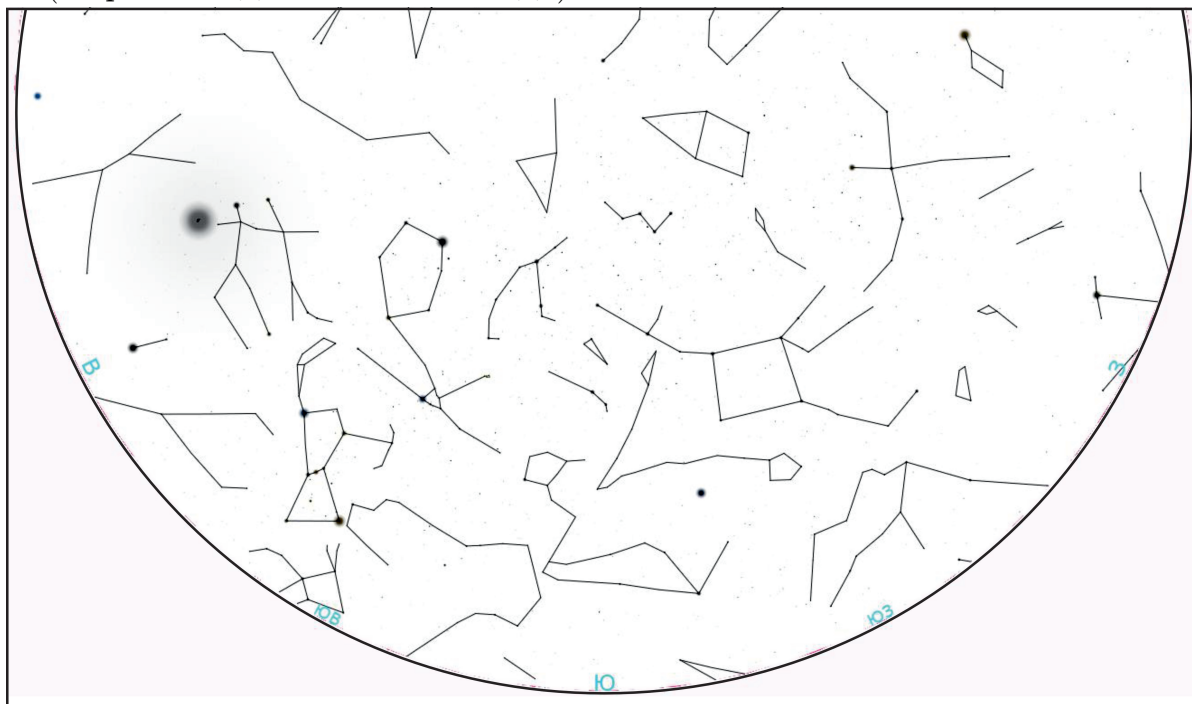
А (Карта к задаче «Сезоны Года»)



В (Карта к задаче «Сезоны Года»)

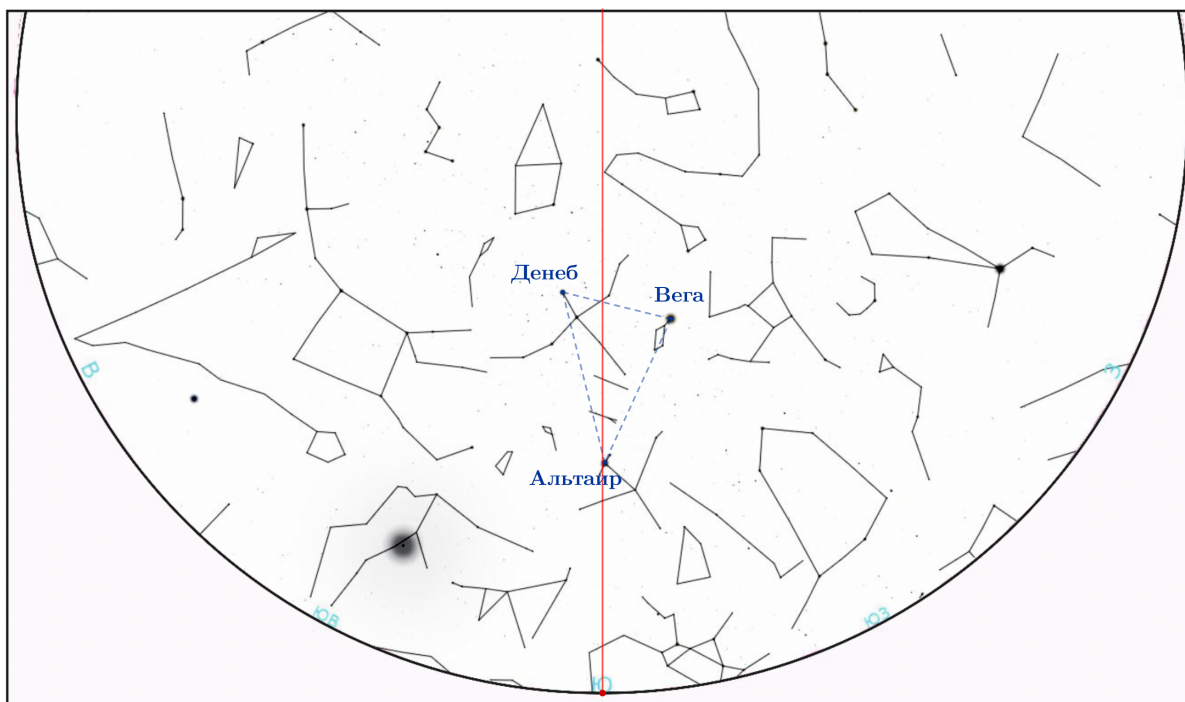


С (Карта к задаче «Сезоны Года»)

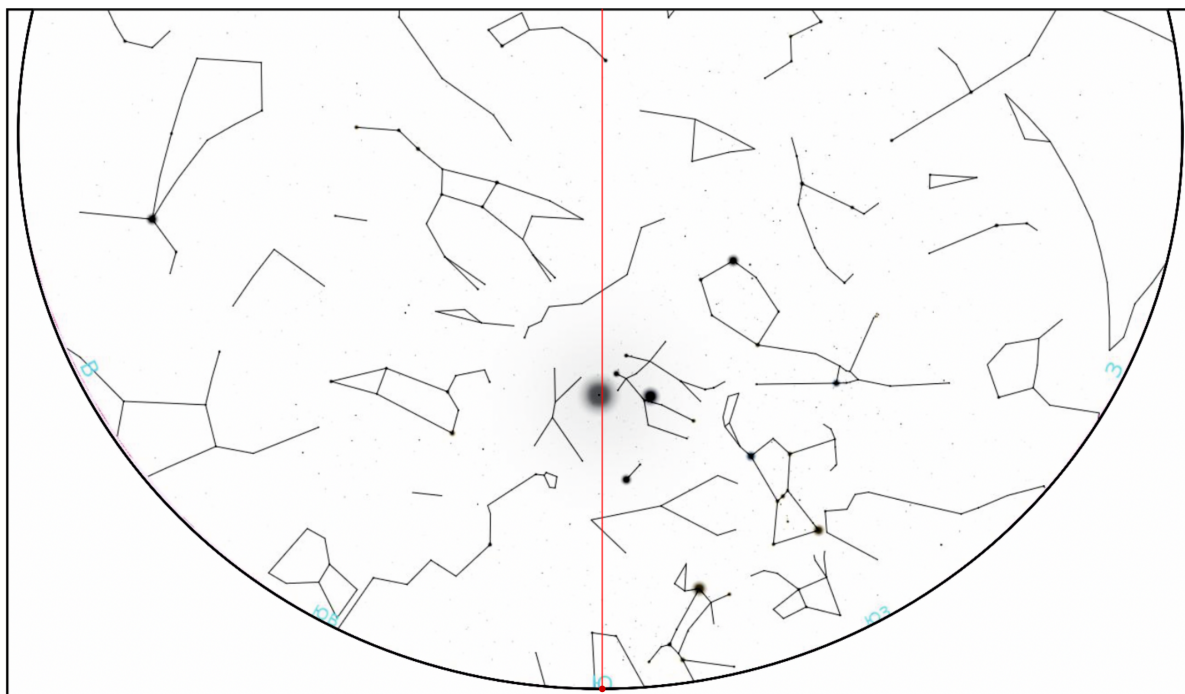


D (Карта к задаче «Сезоны Года»)

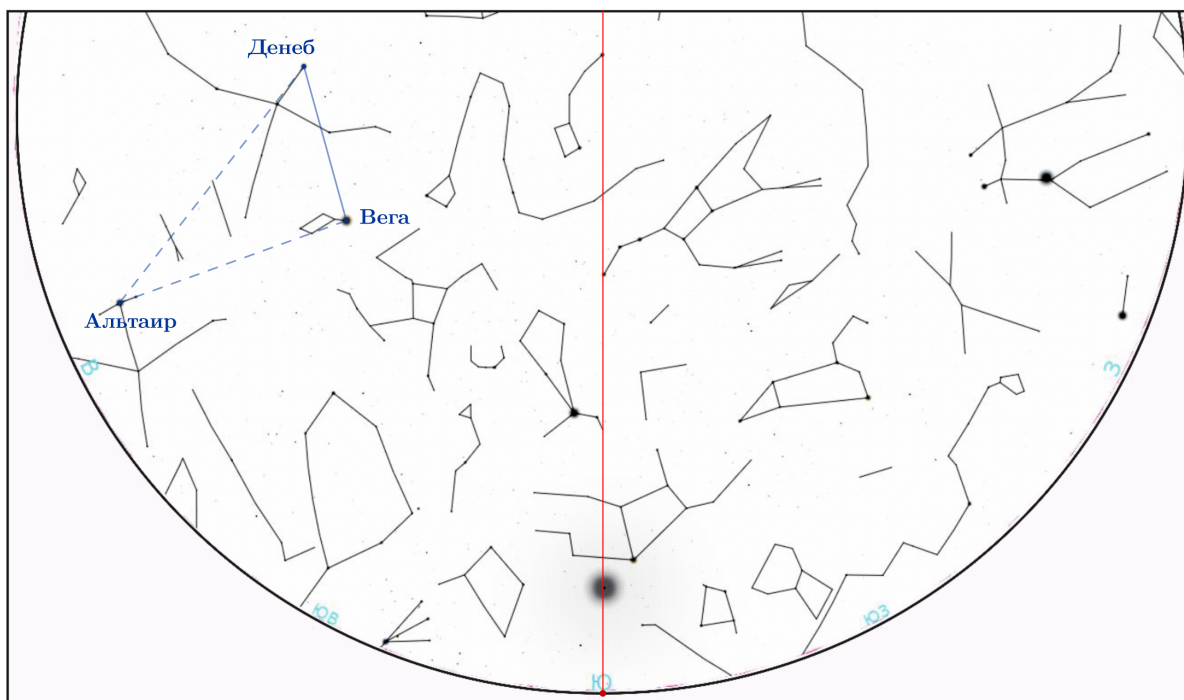
Решение. Из условия задачи следует, что перед нами вид звездного неба ночью. Следовательно самый яркий объект, видимый на всех предоставленных картах это Луна. Поскольку за год ночное небо при наблюдении в одно и тоже местное время сменяется на 360° , смещаясь примерно на 1° на запад (вправо на данных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



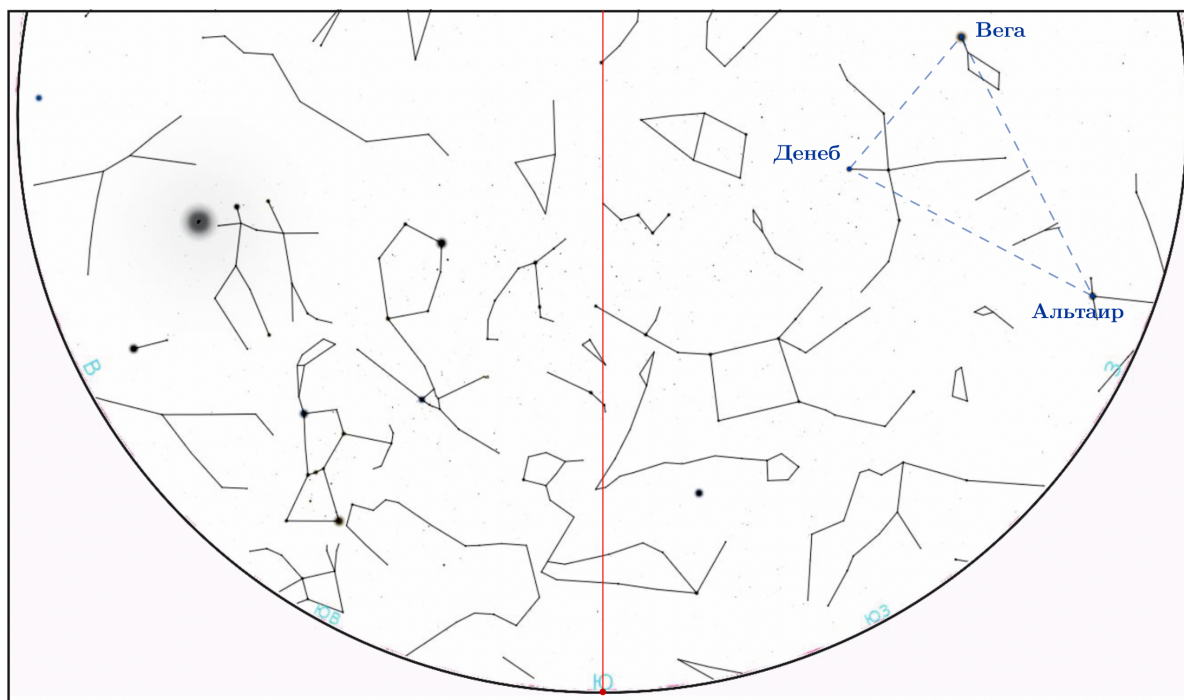
А (Карта к задаче «Сезоны Года») – вид звездного неба летом. Видны созвездия летне-осеннего треугольника в направлении на юг – Лира, Орел и Лебедь.



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 – ВСАД.
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 |