1. Наблюдаемая планета

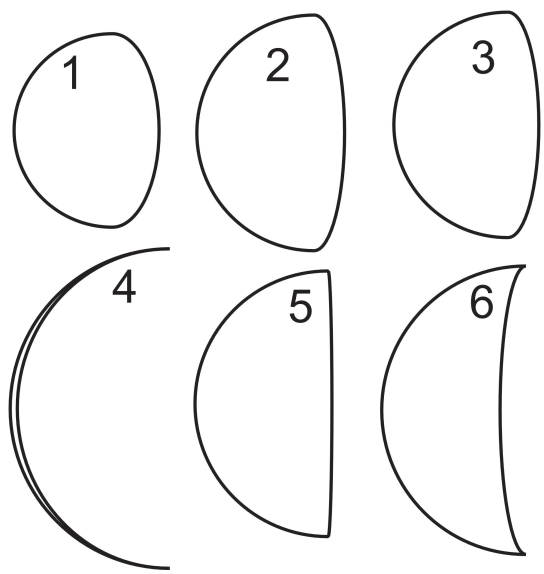
15 баллов

Игнатьев В.Б.,Кузнецов М.В.

Космический путешественник проводил наблюдения Земли с некоторой планеты в небольшой телескоп и схематично зарисовывал, в одном масштабе, видимую фазу наблюдаемой планеты на одинаковые карточки. Изображение с карточек представлены ниже. Определите:

A. На какой планете проводилось наблюдение?

B. Какое расстояние разделяло наблюдателя и планету в момент второго наблюдения?



Решение. Проанализируем зарисовки наблюдателя. Наблюдаемая планета демонстрирует нам все фазы от ночной до дневной стороны и при этом меняет свой угловой размер от самого большого при минимальной фазе к самому маленькому угловому размеру при максимальной фазе. Следовательно это внутренняя планета по отношению к наблюдателю. Геометрическая фаза и фазовый угол связаны соотношением:

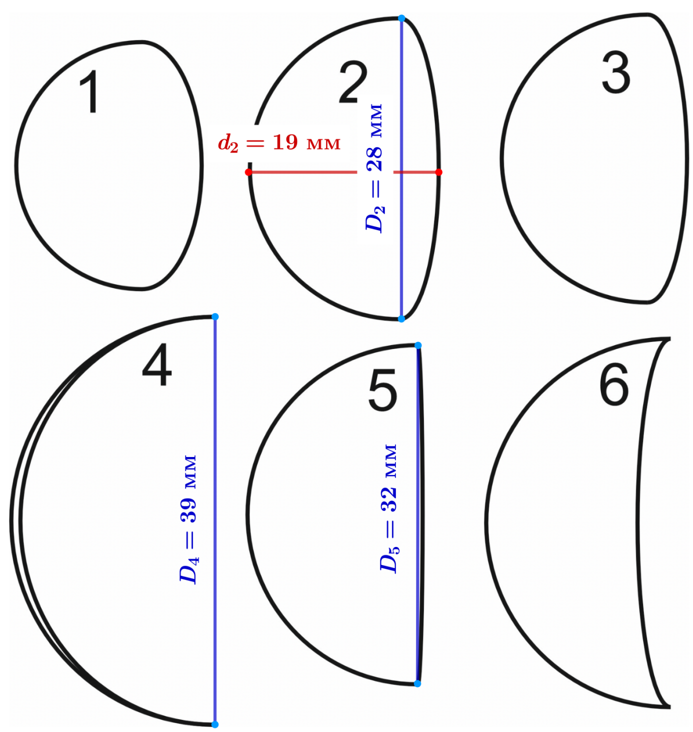
$$\Phi = \frac{d}{D} = \frac{1 + \cos\psi}{2}$$

Тогда фаза соответствующая карточке 5 – это фаза близкая к максимальной восточной элонгации (так как освещена половина планеты) и расстояние и угловой размер Земли:

$$\theta_{5\oplus} = 3438'\frac{D_\oplus}{\Delta_5} = 3438'\frac{D_\oplus}{\sqrt{a_п^2 - a_\oplus^2}}$$

А фаза соответствующая карточке 4 – это фаза близка к нижнему соединению:

$$\theta_{4\oplus} = 3438'\frac{D_\oplus}{\Delta_4} = 3438'\frac{D_\oplus}{a_п - a_\oplus}$$



Разделим угловые размеры 4 и 5:

$$\frac{\theta_{4\oplus}}{\theta_{5\oplus}} = \frac{3438'\frac{D_\oplus}{\Delta_4}}{3438'\frac{D_\oplus}{\Delta_5}} = \frac{\Delta_5}{\Delta_4} = \frac{D_4}{D_5} = \frac{39}{32} = 1.21875$$

$$k = \frac{d_4}{d_5} = \frac{\sqrt{a_п^2 - a_\oplus^2}}{a_п - a_\oplus} = \frac{\sqrt{a_п^2 - a_\oplus^2}}{\sqrt{(a_п - a_\oplus)^2}} = \sqrt{\frac{(a_п - a_\oplus)(a_п + a_\oplus)}{(a_п - a_\oplus)(a_п - a_\oplus)}} = \sqrt{\frac{a_п + a_\oplus}{a_п - a_\oplus}}$$

$$k^2(a_п - a_\oplus) = (a_п + a_\oplus) \to a_п = a_\oplus\frac{k^2+1}{k^2-1} = \frac{1.21875^2 - 1}{1.21875^2 + 1} = 5.12 \text{ а.е.}$$

Следовательно планета с которой проводились наблюдения – Юпитер. Определим фазовый угол для наблюдения 2.

$$\Phi = \frac{d}{D} = \frac{1+\cos\psi}{2} \to \cos\psi = 2\frac{d}{D} - 1 = 2\frac{19}{28} - 1 = 0.357, \psi = \arccos\left(2\frac{d}{D} - 1\right) = 69^\circ$$

Выразим элонгацию Земли для наблюдателя через теорему синусов:

$$\frac{a_\text{п}}{\sin\psi} = \frac{a_\oplus}{\sin\lambda} \to \sin\lambda = \sin\psi\frac{a_\oplus}{a_\text{п}} \to \lambda = \arcsin\left(\sin\psi\frac{a_\oplus}{a_\text{п}}\right) = \arcsin\left(\frac{1}{5.12}\sin 69^\circ\right) = 10.5^\circ$$

Тогда расстояние:

$$\Delta = \sqrt{a_\text{п}^2 + a_\oplus^2 - 2a_\oplus a_\text{п}\cos\left(180^\circ - \lambda - \psi\right)}$$

$$\Delta = \sqrt{5.12^2 + 1^2 - 2\cdot 1\cdot 5.12\cos\left(180^\circ - 10.5^\circ - 69^\circ\right)} = 5.251 \approx 5.3 \text{ а.е.}$$

Ответ. Наблюдение проводилось с планеты Юпитер, расстояние в момент наблюдения составляло $\Delta = 5.3$ а.е.

Критерии оценивания. 15

Определение планеты наблюдения 8

Выбор зарисовок близких к соединению и макс. эл-ции, снятие размеров 2×1

Связь углового размера и взаимного расстояния 1

Вывод и решение соотношения для расстояний 2

Определение большой полуоси планеты наблюдения $a = 5.2 \pm 0.2$ а.е. 2

Определение планеты наблюдения 1

Определение расстояния до указанной фазы 7

Снятие размеров для определения фазы . . . . 2×1

Определение геометрической фазы 0.67 ± 0.06 1

Определение фазового угла $69^\circ \pm 8^\circ$ 1

Получение итогового ответа для р-я при помощи т. синусов и косинусов . . 3

Для большой полуоси планеты $a = 5.12$ а.е. $\to$ $\Delta = 5.3 \pm 0.1$ а.е. - для $a = 5.2$ а.е. $\to$ 5.5 ± 0.1 а.е. Оптимальным является выбор положений соответствующих нижнему соединению и максимальной элонгации. Участник может использовать и другие конфигурации, используя теорему косинусов. В этом случае решение засчитывается в полной мере при наличии аналитического решения и попадании численного ответа большой полуоси в заданные ворота

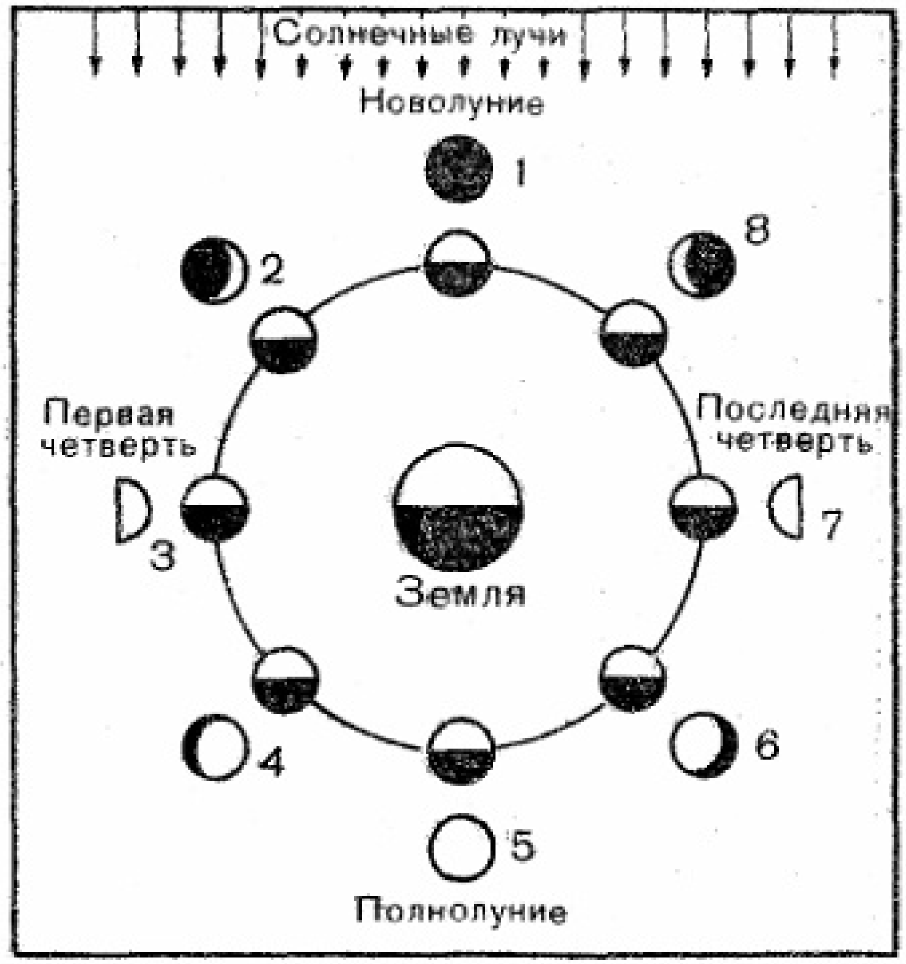
2. Туда и обратно

15 баллов

Игнатьев В.Б.

Считая орбиту Луны круговой и лежащей в плоскости эклиптики, определите, на сколько интервал времени между первой четвертью Луны и последней четвертью Луны больше, чем между последней четвертью и первой четвертью. Приливными эффектами пренебречь.

Решение.



Чтобы правильно найти интервал времени, необходимо вспомнить порядок наступления лунных фаз: новолуние (1), первая четверть (3), полнолуние (5), последняя четверть (7). И период смены фаз Луны - синодический период Луны. Следовательно разница времен составит:

$$\Delta\tau = \tau_{37} - \tau_{73} = \frac{180^\circ + \alpha}{360^\circ} S_{\text{Л}} - \frac{180^\circ - \alpha}{360^\circ} S_{\text{Л}} = \frac{2\alpha}{360^\circ} S_{\text{Л}} = \frac{\alpha}{180^\circ}$$

Где α - угол под которым размер лунной орбиты с Солнца.

$$\alpha = \arcsin(\frac{a_{Л}}{a_{\oplus}}) = \arcsin(\frac{3.84 \cdot 10^5}{1.5 \cdot 10^8}) = 0.147^\circ$$

Теперь найдем разницу между временами:

$$\Delta\tau = \frac{\alpha}{180^\circ} S_{Л} = \frac{0.147^\circ}{180^\circ} 29.53 = 0.02411 \text{ дня} = 0.58 \text{ ч} \approx 35 \text{ мин}$$

Ответ. Время между первой четвертью Луны и последней четвертью Луны больше, чем между последней четвертью и первой четвертью $\Delta\tau = \tau_{37} - \tau_{73} = 0.58$ ч $\approx$ 35 мин

Критерии оценивания. **15**

Модель задачи 5

В решении используется верный порядок фаз Луны 2

Использование синодического периода Луны 3

Выражение для модели задачи 8

Нахождение элонгации от 90° 2

Выражение для первого интервала времени 2

Выражение для второго интервала времени 2

Запись выражения для разницы времен 2

Итоговый ответ 2

3. Шанхай

15 баллов

Бардин В.Д.

Определите время на часах, которое увидит житель Шанхая ($31°13'$ с.ш., $\lambda = 121°28'$ 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:

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

Что соответствует разнице по времени:

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

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

$$T_{\text{гр}} = 12^h + \Delta t = 12^h - 0.088^h = 11^h 54^m$$

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:

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

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

Тогда:

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

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

Подставляя числа, получим:

$$T_{\text{гр}} = t_{\odot} + 12^h - \frac{\lambda}{15°} + n = 0^h + 12^h - \frac{121°28'}{15°} + 8 = 11.902^h = 11^h 54^m$$

Ответ. Время на часах составит $T_{\text{гр}} = 11^h 54^m$

Критерии оценивания. **15**

Связь долготы и часового пояса 3
Связь всемирного и поясного времени 3
Нахождение разницы долот 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:

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

B. 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.

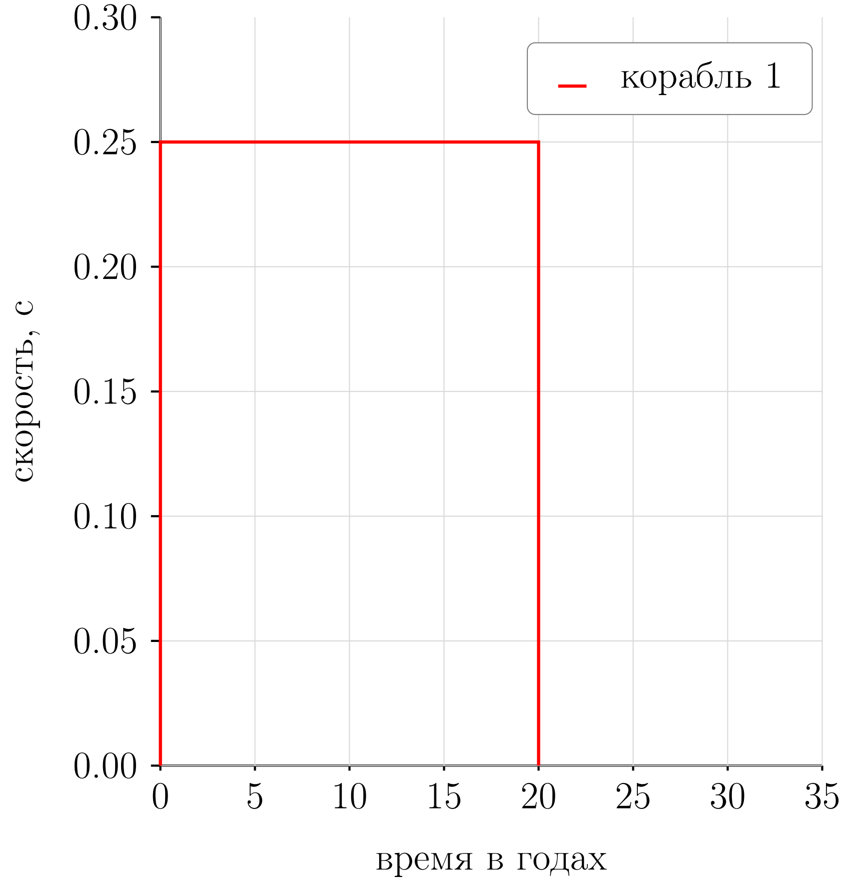


Рис. 1: График к задаче «Поломка в космосе»

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

сокрость 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:

$$t = \tau + \frac{x}{V_1} = \tau + \frac{\Delta - V_0 \cdot \tau}{V_1} = \tau + \frac{\Delta - V_0 \cdot \tau}{0.6 V_0} =$$

$$= \tau + \frac{1}{0.6}\frac{\Delta}{V_0} - \frac{\tau}{0.6} = \tau + \frac{5}{3}(t_0 - \tau) = 14 + \frac{5}{3}(20 - 14) = 24 \text{ года}$$

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 $V_{\text{ср}} = \frac{5}{24} c = 62500$ 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

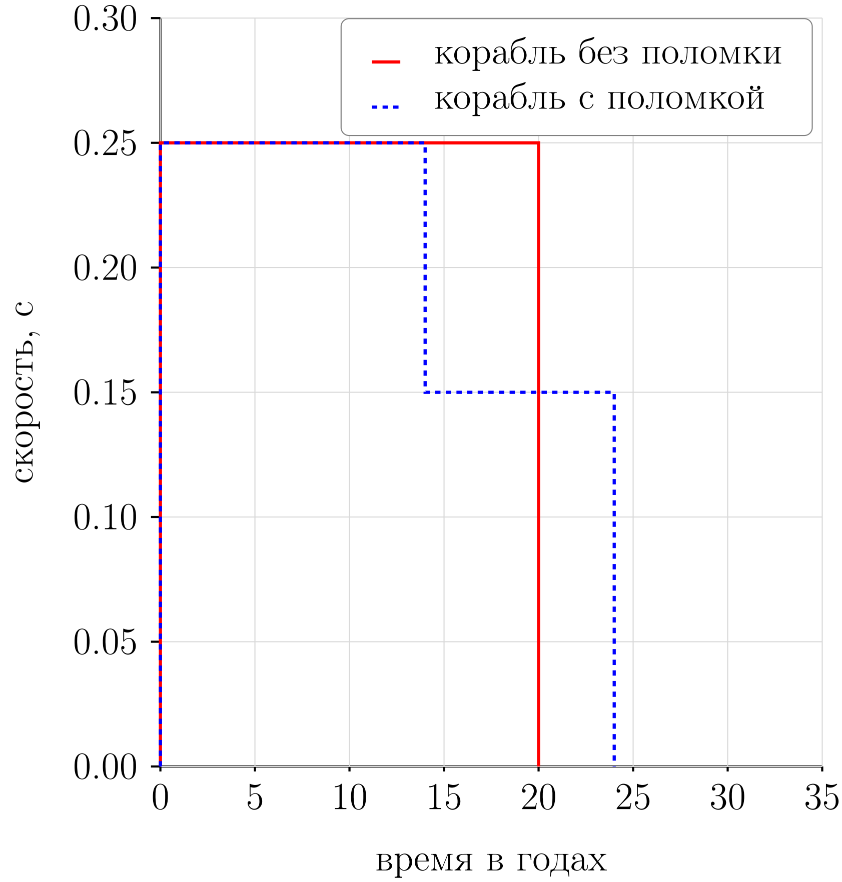
Средняя скорость 3

График скорости 3

Скорость после поломки указана верно 1

Время полета со скоростью после поломки указано верно 1

Время полета указано верно 1


0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
скорость, c
0
5
10
15
20
25
30
35
время в годах
корабль без поломки
корабль с поломкой

5. Планета Шелезяка

15 баллов

Алтунян Д.Н.

Люди будущего решили собрать весь мусор в одну мини-планету и назвали её Шелезяка. Получился шар с диаметром ровно в 10 раз меньше диаметра Венеры. Чтобы он не столкнулся с нашей планетой, Шелезяку отправили в точку на орбите Земли, опережающую Землю на некоторую долю периода. В момент, когда планета и Венера оказались в тесном соединении, угловой размер Венеры был ровно в 20 раз больше углового размера Шелезяки.

A. В какой видимости находилась Венера в этот момент?

B. Найдите угловой размер Венеры в этот момент.

C. Когда будет нижнее соединение Венеры с Солнцем при наблюдении с Шелезяки?

D. На сколько дней опережает Землю Шелезяка?

Решение.

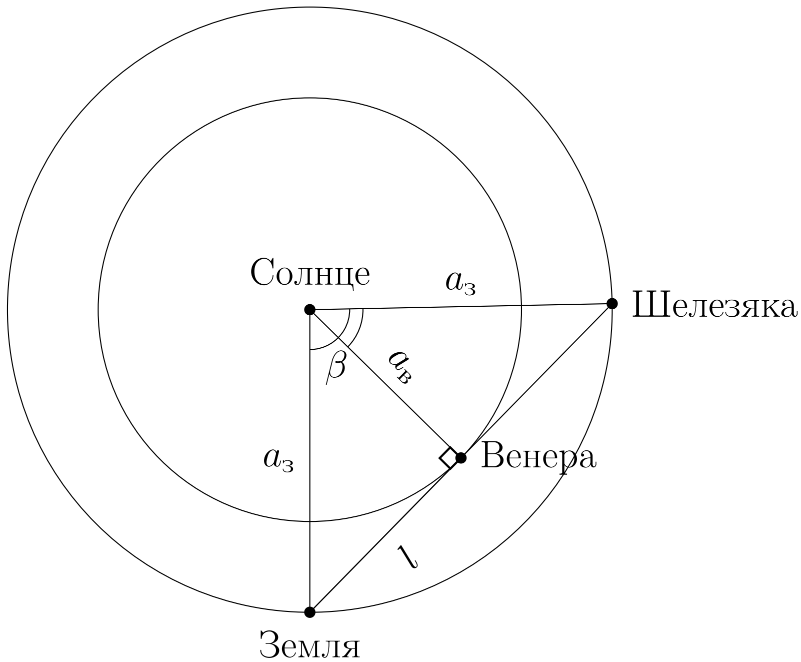
Вопрос 1. Шелезяка опережает Землю, поэтому всегда находится на небе западнее Солнца, а значит, в утренней видимости. Венера также наблюдается в утренней видимости, так как находится в тесном соединении с Шелезякой.

Пусть r — радиус Шелезяки, R — радиус Венеры, тогда отношение угловых размеров можно выразить:

$$\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{ш}}} = \frac{R}{r} \cdot \frac{\text{ЗШ}}{\text{ЗВ}} = 20$$

Отсюда $\frac{\text{ЗШ}}{\text{ЗВ}} = 2$, так как $\frac{R}{r} = 10$.

Сделаем рисунок:



Отрезки СШ и СЗ равны, так как Земля и Шелезяка находятся на одной орбите. Получаем равнобедренный треугольник СШЗ с основанием ЗВ и медианой СВ. Треугольник равнобедренный, следовательно, медиана, проведённая к основанию совпадает с высотой, поэтому отрезок СВ в нашем треугольнике перпендикулярен отрезку ЗШ. Получается, Венера находится в западной элонгации.

Вопрос 2. Найдём расстояние до Венеры в элонгации через прямоугольный треугольник:

$$l = \sqrt{a_з^2 - a_в^2} = \sqrt{1 - 0.72^2} = 0.69 \text{ а.е.}$$

Угловой размер Венеры:

$$\rho = \frac{206265 \times 2R}{l} = \frac{206265 \times 2 \times 6052}{0.69 \times 1.5 \times 10^8} = 24.1\text{”}$$

Вопрос 3. Угол, который нужно пройти Венере по своей орбите относительно Шелезяки:

$$\alpha = \arccos \frac{a_в}{a_з} = 43.9^\circ$$

Найдём синодический период Венеры и Шелезяки:

$$S = \frac{T_в \times T_з}{T_з - T_в} = \frac{a_в^{3/2} \times a_з^{3/2}}{a_з^{3/2} - a_в^{3/2}} = 1.57 \text{ лет}$$

Тогда искомое время:

$$t = S \times \frac{\alpha}{360} = 0.19 \text{ года} = 503.51 \approx 69.9 \text{ дня}$$

Вопрос 4. Так как Шелезяка находится на той же орбите, что и Земля, она движется с такой же угловой скоростью относительно Солнца, что и Земля, поэтому конфигурация Солнце-Земля-Шелезяка остаётся постоянной. Угол, на который Шелезяка опережает Землю по орбите:

$$\beta = 2\alpha = 2 \arccos \frac{a_\text{в}}{a_\text{з}} = 87.8^\circ$$

А по времени это опережение составляет:

$$\Delta t = \frac{\beta}{360^\circ} \times T_\text{з} = \frac{87.8}{360} \times 365 = 89 \text{ дней}$$

Ответ. Утренняя видимость. Угловой размер Венеры $\rho = 24.1$". Нижнее соединение Венеры будет через $t = 70$ дней. Шелезяка опережает Землю на $\Delta t = 89$ дней.

Критерии оценивания. **15**

Определение видимости Венеры - утренняя 1
Нахождение углового размера 8
Нахождение отношения расстояний ЗШ и ЗВ 2
Доказательство максимальной западной элонгации для Венеры 3
это происходит через рассмотрение равнобедренного треугольника Земля-Солнце-Шелезяка, в котором СВ является медианой опущенной к основанию, а следовательно и высотой
Определения расстояния до Венеры 1
Вывод выражения и расчет углового размера Венеры 2
Определение времени до нижнего соединения 4
Нахождение угла, который нужно пройти 1
Определение синодического периода Венеры 1
Вывод выражения и расчет искомого времени 1
Получение верного численного ответа 504 ± 10 дня 1
Нахождение времени опережения 2
Нахождение угла опережения 1
Вычисление времени опережения 1

6. Большой Ковш

20 баллов

Игнатьев В.Б., Кузнецов М.В.

Перед вами негативы двух фотографий Ковша Большой Медведицы. координаты звезд Ковша Большой Медведицы:

Таблица 1: Небесные координаты (эпоха J2000.0) звёзд астеризма «Большой Ковш» в созвездии Большой Медведицы

Название	Обозначение	α	δ
Дубхе	α UMa	$11^ч\ 03^м\ 43.7^с$	$+61°45'03''$
Мерак	β UMa	$11^ч\ 01^м\ 50.5^с$	$+56°22'57''$
Фекда	γ UMa	$11^ч\ 53^м\ 49.8^с$	$+53°\ 41'\ 41''$
Мегрец	δ UMa	$12^ч\ 15^м\ 25.6^с$	$+57°\ 01'\ 57''$
Алиот	ε UMa	$12^ч\ 54^м\ 01.7^с$	$+55°\ 57'\ 35''$
Мицар	ζ UMa	$13^ч\ 23^м\ 55.5^с$	$+54°\ 55'\ 31''$
Бенетнаш	η UMa	$13^ч\ 47^м\ 32.4^с$	$+49°\ 18'\ 48''$

Определите:

A. подпишите обозначениями звезды Ковша на одной из фотографий

B. широты мест, в которых были сделаны фотографии,

C. какие из этих звезд в течении часа пересекут небесный меридиан,

D. в какую сторону света смотрят фотографии.

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

Решение. Перед нами две фотографии первая – фотография северного полушария, так как полярная звезда расположена над горизонтом. Вторая фотография – южное полушарие, поскольку полярная расположена под горизонтом. Проведем горизонт на каждом из снимков. Далее обозначим звезды ковша Большой Медведицы на каждом из снимков. Проведем измерения расстояний на снимке между звездами α и β, так как они имеют близкое прямое восхождение:

$$L_1 = 23 \text{ мм}, L_2 = 20 \text{ мм}, \Delta\delta = +61°45'03'' - 56°22'57'' = 5°22'06'' \approx 5.37°$$

$$a_1 = \frac{\Delta\delta}{L_1} = \frac{5.37°}{23} = 0.23° \text{ на мм}, a_2 = \frac{\Delta\delta}{L_2} = \frac{5.37°}{20} = 0.27° \text{ на мм}$$

Ни на одной из фотографий не видна полярная звезда, поэтому для определения широты пренебрежем искревлением за эффект проекции, считая нашу область видимости малой. Теперь построем прямую проходящую через α и β Большой Медведицы до пересечения с горизонтом и измерим расстояние до точки пересечения с горизонтом от звезды α Большой Медведицы, а также угол между горизонтом и этой прямой:

$$b_1 = 43 \text{ мм}, b_2 = 16 \text{ мм}, \gamma_1 = 67^\circ, \gamma_2 = 75^\circ$$

Определим широту снимка в северном полушарии:

$$\varphi_1 = \sin\gamma_1 \cdot a_1 \cdot \left(b_1 + \frac{90^\circ - \delta_\alpha}{a_1}\right) = \sin 67^\circ \cdot 0.23 \cdot \left(43 + \frac{90^\circ - 61.75^\circ}{0.23}\right) \approx 35^\circ \text{ с.ш.}$$

Определим широту снимка в южном полушарии:

$$\varphi_2 = \sin\gamma_2 \cdot a_2 \cdot \left(\frac{90^\circ - \delta_\alpha}{a_2} - b_2\right) = \sin 75^\circ \cdot 0.27 \cdot \left(\frac{90^\circ - 61.75^\circ}{0.27} - 16\right) \approx 23^\circ \text{ ю.ш.}$$

Чтобы определить какие из этих звезд пересекут небесный меридиан в течении часа определим угол между направлением к зениту и точкой пересечения прямой проходящей через α и β Большой Медведицы с линией горизонта, это и будет тот угол который прошла эта линии или еще не дошла до совпадения с небесным меридианом: Для снимка в северном полушарии:

$$\tau_1 = \frac{90^\circ - \gamma_1}{15\ ^\circ \text{ в час}} = \frac{90^\circ - 67^\circ}{15\ ^\circ \text{ в час}} = 1.5 \text{ ч}$$

Полярная звезда расположена восточнее Ковша Большой Медведицы. Так как до совпадения прямого восхождения и небесного меридиана небо должно повернуться за 1.5 часа, то звезд пересекущих его в течении часа нет. Для снимка в южном полушарии:

$$\tau_2 = \frac{90^\circ - \gamma_2}{15\ ^\circ \text{ в час}} = \frac{90^\circ - 75^\circ}{15\ ^\circ \text{ в час}} = 1 \text{ ч}$$

Полярная звезда расположена западнее Ковша Большой Медведицы. Так как полушарие южное, то справа восток, а слева запад на снимке. Так как со времени совпадения прямого восхождения звезд α и β Большой Медведицы и небесного меридиана небо повернулось на 1 час, то звездной время на текущий момент составляет $t_s = 12^h$, следовательно такими звездами будут - Мегрец и Алиот. Обе эти фотографии смотрят в сторону севера, только в фотографии северного полушария мы видим как ковш Большой Медведицы готовится пройти нижнюю кульминацию. А в южном полушарии ковш Большой Медведицы проходит верхнюю кульминацию.

Ответ.

- Обозначения на карте №1 или №2
- $\varphi_1 = 35°$ с.ш., $\varphi_2 = 23°$ ю.ш..
- В течении часа на первой карте таких звезд не будет, на второй же такими звездами будут Мегрец и Алиот.
- Обе фотографии смотрят на север.

Критерии оценивания. **20**

Звезды Ковша Большой Медведицы 3
Верно обозначена звезда Дубхе 1
Верно обозначены 2-5 звезд 2
Верно обозначены 6-7 звезд 3
Широты мест наблюдения 6
Найден масштаб каждого снимка . . . . 1×2
Выполнено построение для каждого снимка . . . . 1×2
Определена широта каждого снимка . . . . 1×2
Определение прохождения небесного меридиана звездами 9
Нахождение угла и времени поворота звезд α и β отн. неб-го меридиана 2×2
Анализ прямого восхождения у перечня звезд для фотографии . . . . 1×2
Обоснованный вывод для фото 1 таких звезд нет 1
Обоснованный вывод для фото 2 такие звезды Мегрец и Алиот 2
Стороны света в которые смотрят фотографии 2
Обоснованный вывод фото 1 смотрит на север 1
Обоснованный вывод фото 2 смотрит на север 1

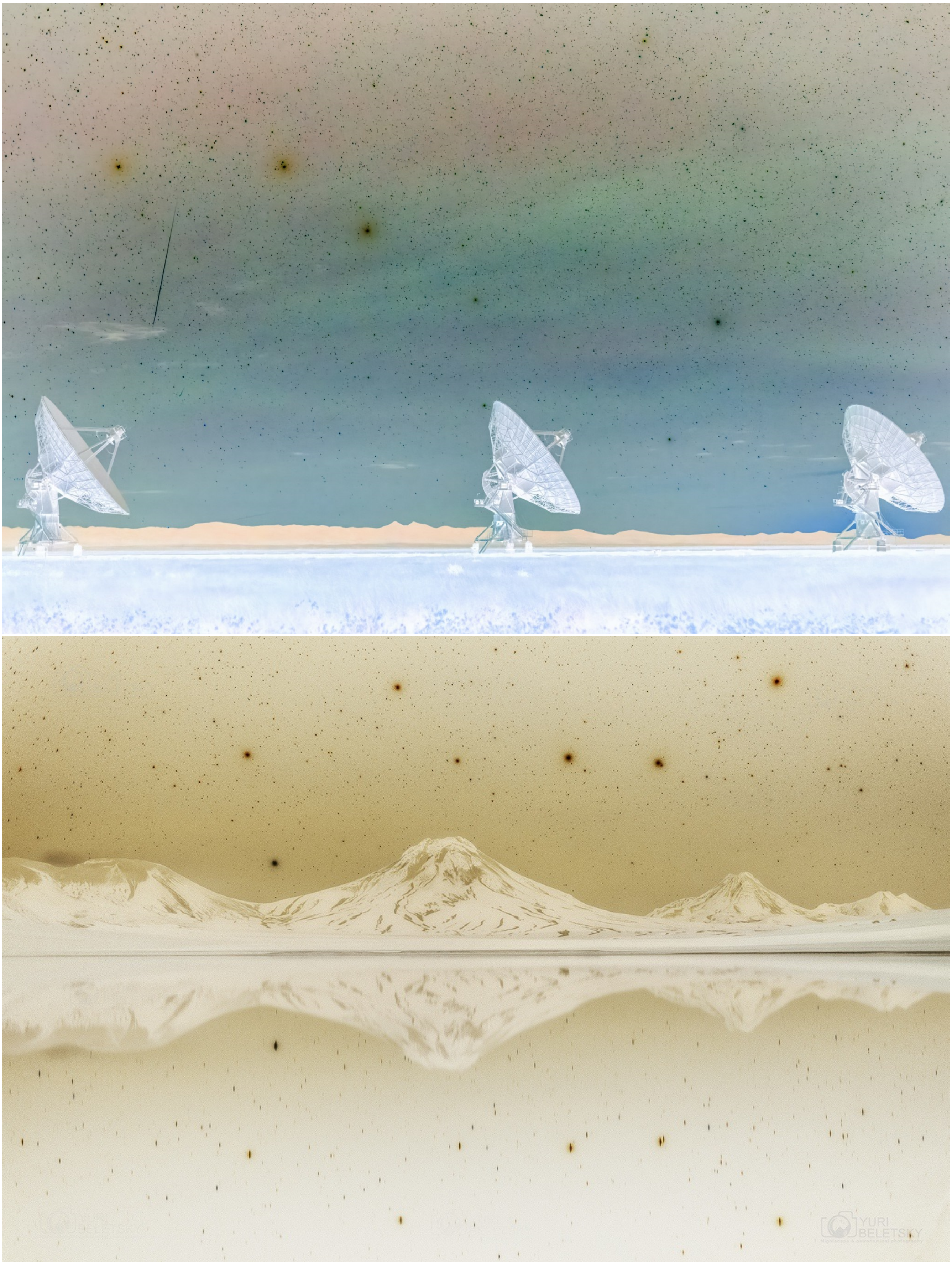


Рис. 2: Фотографии к задаче «Большой Ковш»

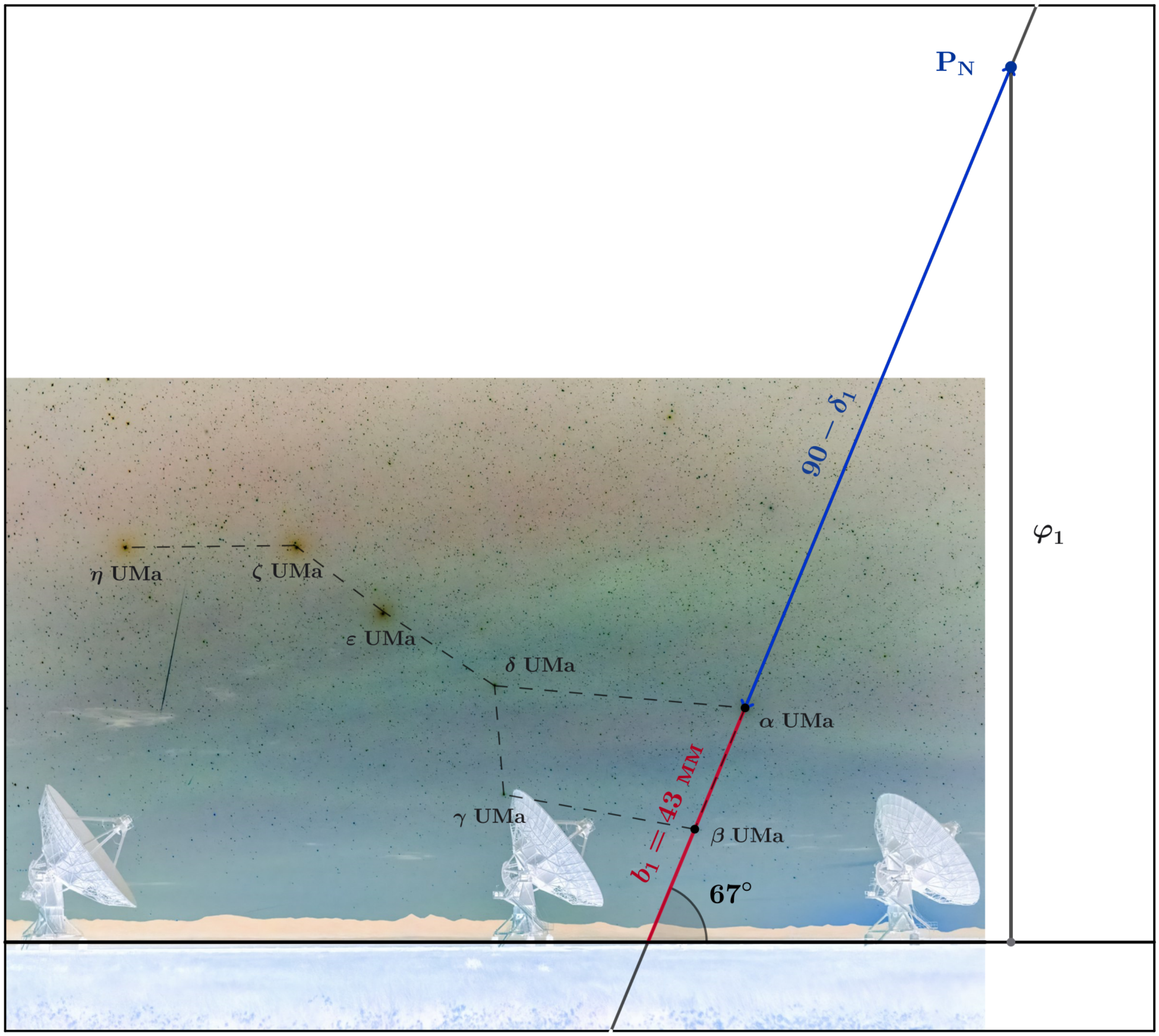


Рис. 3: Решение к задаче «Большой Ковш»

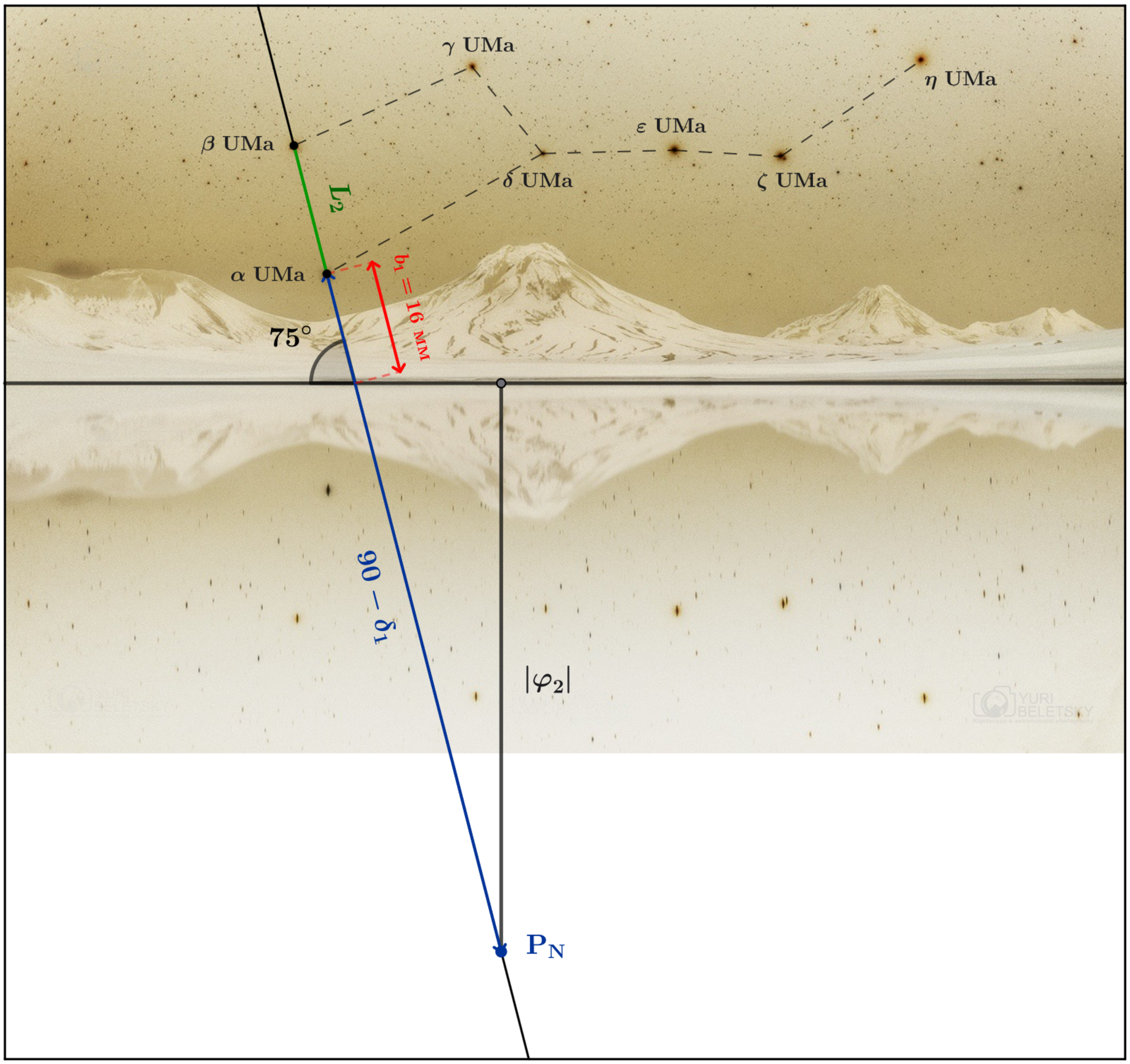


Рис. 4: Решение к задаче «Большой Ковш»

7. Звездное небо

20 баллов

Кузнецов М.В.

Перед вами вид звездного неба на 20:00 местного времени, укажите на бланке с картой:

A. Обозначьте точку зенита символом Z и стороны света (Север, Юг, Запад, Восток) символами N, S, W, E.

B. Обозначьте полюс мира символом P

C. Проведите эклиптику и небесный экватор и подпишите символами E и Q

D. Проведите небесный меридиан и обозначьте его символом M

E. Обозначьте на карте точки весеннего, осеннего равноденствия символами (γ и Ω)

F. Обозначьте контуры известных вам созвездий номерами и напишите под картой соответствие номер-название.

G. Определите широту места наблюдения.

H. Обозначьте на карте символами следующие звезды: S_1 - Капеллу, S_2 – Арктур, S_3 - Спику, S_4 – Эниф, S_5 – Денеб, S_6 – Вегу, S_7 – Антарес, S_8 – Альтаир.

I. Обозначьте на карте символом **Л** – Луну, и символом **Т** – точку солнцестояния.

Проекция звездного неба стереографическая. Измерения и построения проводите на специальном бланке для решений с картами, и сдайте его вместе с работой.

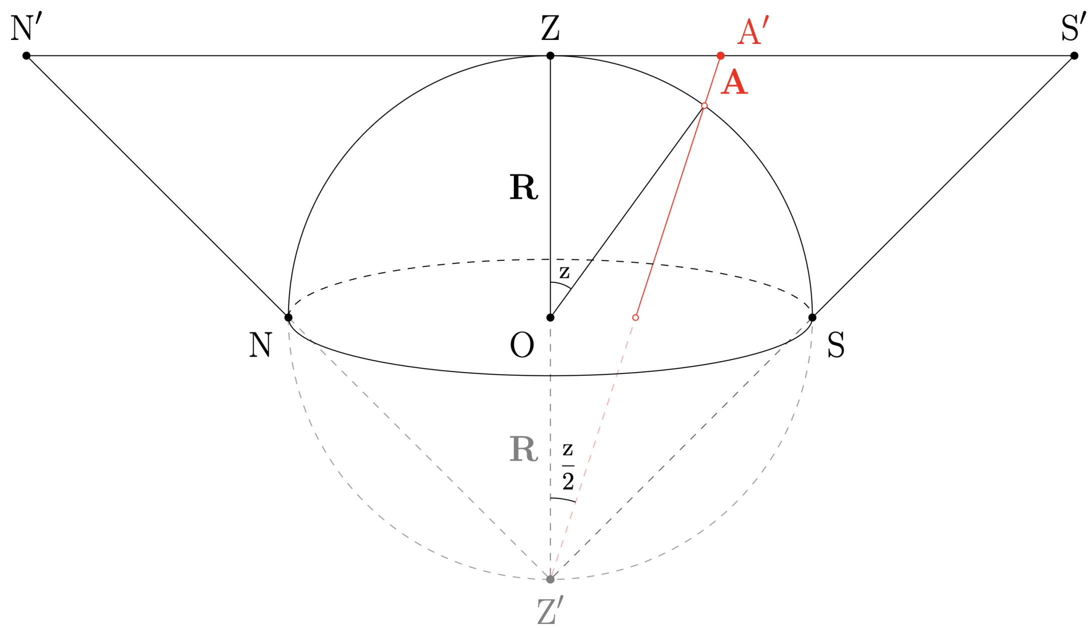
Решение. Для решения задачи необходимо определить положение центра большого круга, содержащего звезды и созвездия. Этот центр является зенитом. Для этого возьмём два отрезка, концы которых лежат на окружности. К обоим отрезкам построим серединные перпендикуляры. Точкой их пересечения и будет центр окружности, поскольку серединный перпендикуляр — ГМТ всех точек, равноудаленных от концов отрезков, а концы отрезков лежат на окружности.

Далее через зенит и полярную звезду проводим небесным меридиан. Он позволяет обозначить точки Севера и Юга на пересечении с горизонтом. Перпендикулярно ему через зенит проходит первый вертикал, пересекающий горизонт в точках востока и запада. Для определения широты места необходимо провести измерения расстояний от зенита до Полярной звезды $d_P = 23$ мм и диаметра звездной карты $D = 156$ мм. Следовательно широту можно определить из стереографической проекции:

$$\varphi = 90^\circ - z_p = 90^\circ - 2\arctan\frac{2d_p}{D} = 90^\circ - 2\arctan\frac{2\cdot 23}{156} = 56^\circ \text{ с.ш.}$$

Как работать со стереографической проекцией?

Суть стереографической проекции состоит в том, что через зенит проводится плоскость, перпендикулярная радиусу, проведённому в точку зенита. Затем, из противоположной точки небесной сферы — надира через точку **A** на небесной сфере проводится луч Z′A, его пересечение с плоскостью и будет искомой проекцией **A′** точки **A**. Таким образом мы можем перевести любую точку полусферы на плоскость.



Рассмотрим точку **A** с зенитным расстоянием z. По определению ∠ZOA = z. Углы ∠ZOA и ∠ZZ′A являются соответственно центральным и вписанным углами, опирающимися на одну и ту же дугу ZA. Тогда:

$$\angle ZZ'A = \frac{\angle ZOA}{2} = \frac{z}{2}$$

Расстояние от Z до **A′**:

$$r_z = 2R\tan\frac{z}{2}$$

Наибольшее возможное зенитное расстояние есть $z_{max} = 90^\circ$ для точек на горизонте. Так как расстояние от Z до проекции точки полусферы прямо пропорционально зенитному расстоянию, то:

$$r = r_{z\ max} = 2R\tan\frac{z_{max}}{2} = 2R\tan 45^\circ = 2R, \text{ где r — радиус всей проекции}$$

> Тогда:
> $$\frac{r_z}{r} = \tan\frac{z}{2} \Rightarrow z = 2\arctan\frac{r_z}{r}$$
> Имея стереографическую проекцию неба и используя выражение выше, легко найти зенитные расстояния для каждой точки на небесной полусфере.

Эклиптику проводим по зодиакальным созвездиям, над горизонтом видно созвездие Девы и Рыб они над горизонтом, а точки весеннего и осеннего равноденствия находятся на горизонте, обозначают Восток и Запад. Луна находится в созвездии Стрельца, а на горизонте в созвездии Девы видна заходящая Венера. Карта ответов:

Критерии оценивания. **20**

Расположение больших кругов 4

Верно обозначена эклиптика 2

Верно обозначен небесный экватор 1

Верно обозначен небесный меридиан 1

Широта и точки на больших кругах небесной сферы 6

Найдена широта 1

Верно обозначены стороны света 1

Верно обозначен полюс 1

Верно обозначен зенит 1

Верно обозначена точка весеннего равноденствия 1

Верно обозначена точка осеннего равноденствия 1

Обозначения созвездий 4

Верно обозначена Большая Медведица 1

Верно обозначена Малая Медведица 1

Верно обозначены 5-10 созвездий 1

Верно обозначены 10-20 созвездий 2

Обозначения звезд 4

Верно обозначена Дубхе 1

Верно обозначены до 5 звезд 1

Верно обозначены 5-6 звезд 2

Верно обозначены 7 звезд 3

Обозначения Луны и точки солнцестояния 2

Верно обозначена Луна 1

Верно обозначена точка солнцестояния 1

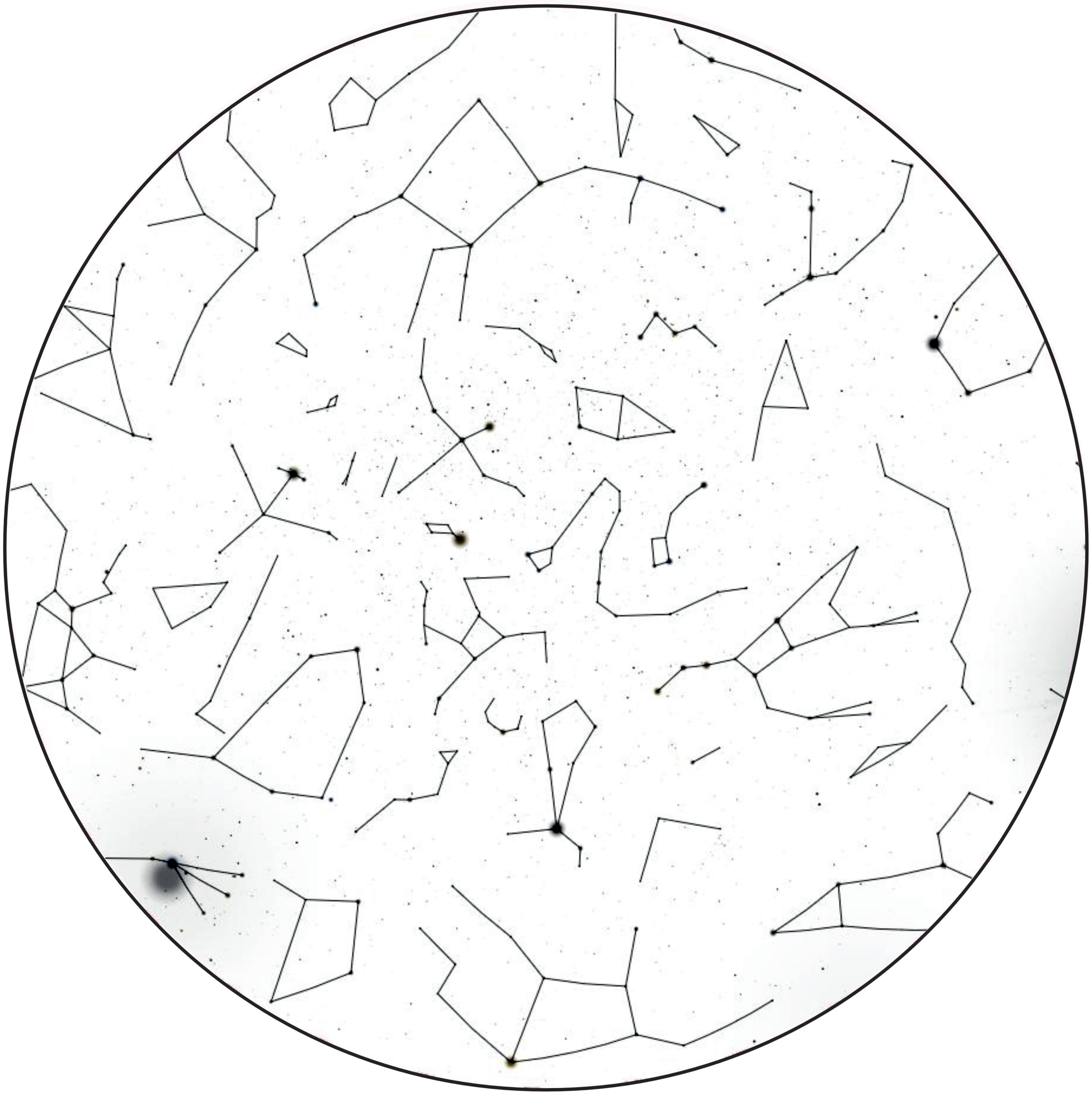


Рис. 5: Рисунок к задаче «Звездное небо»

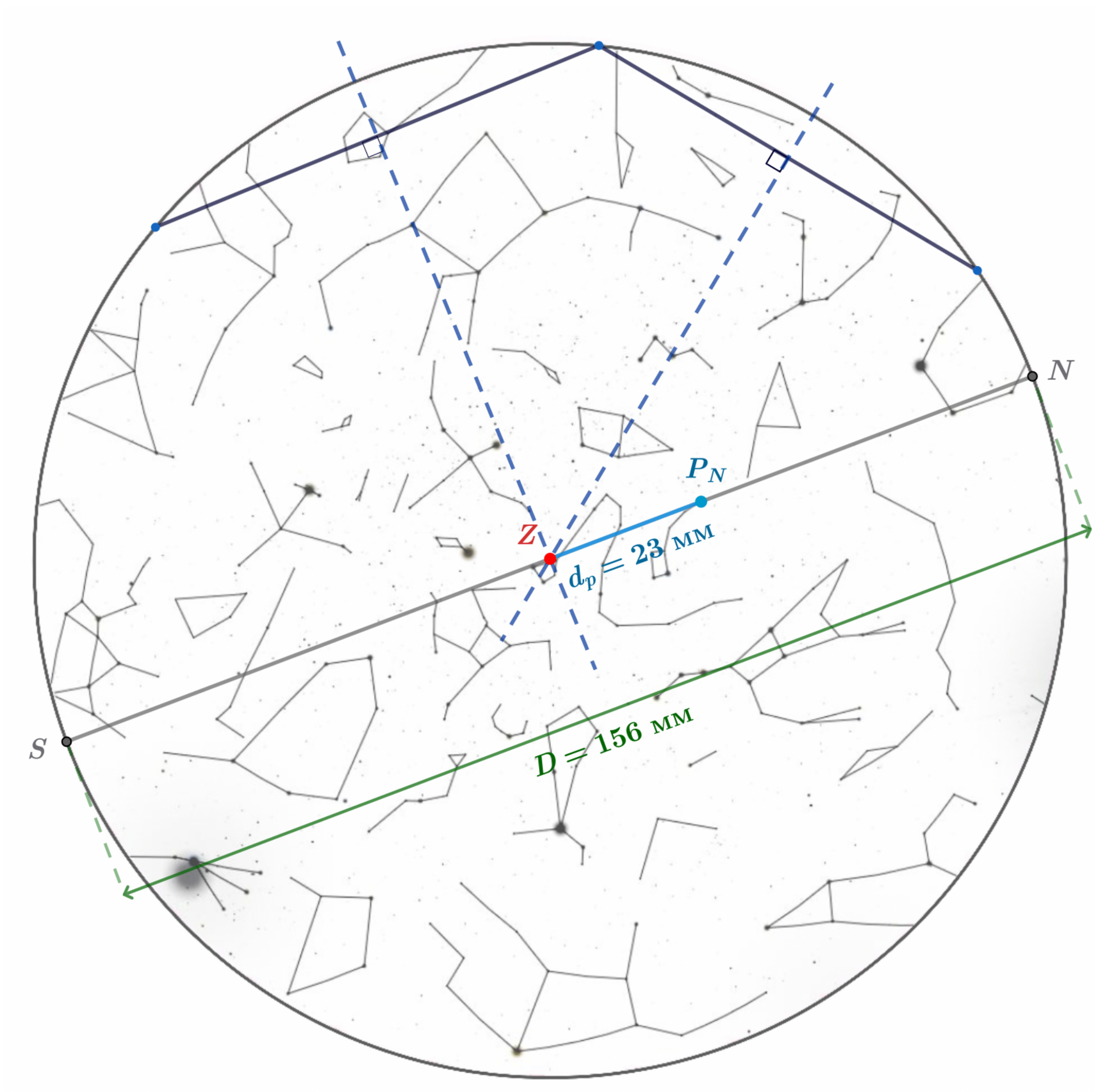


Рис. 6: Решение к задаче «Звездное небо»

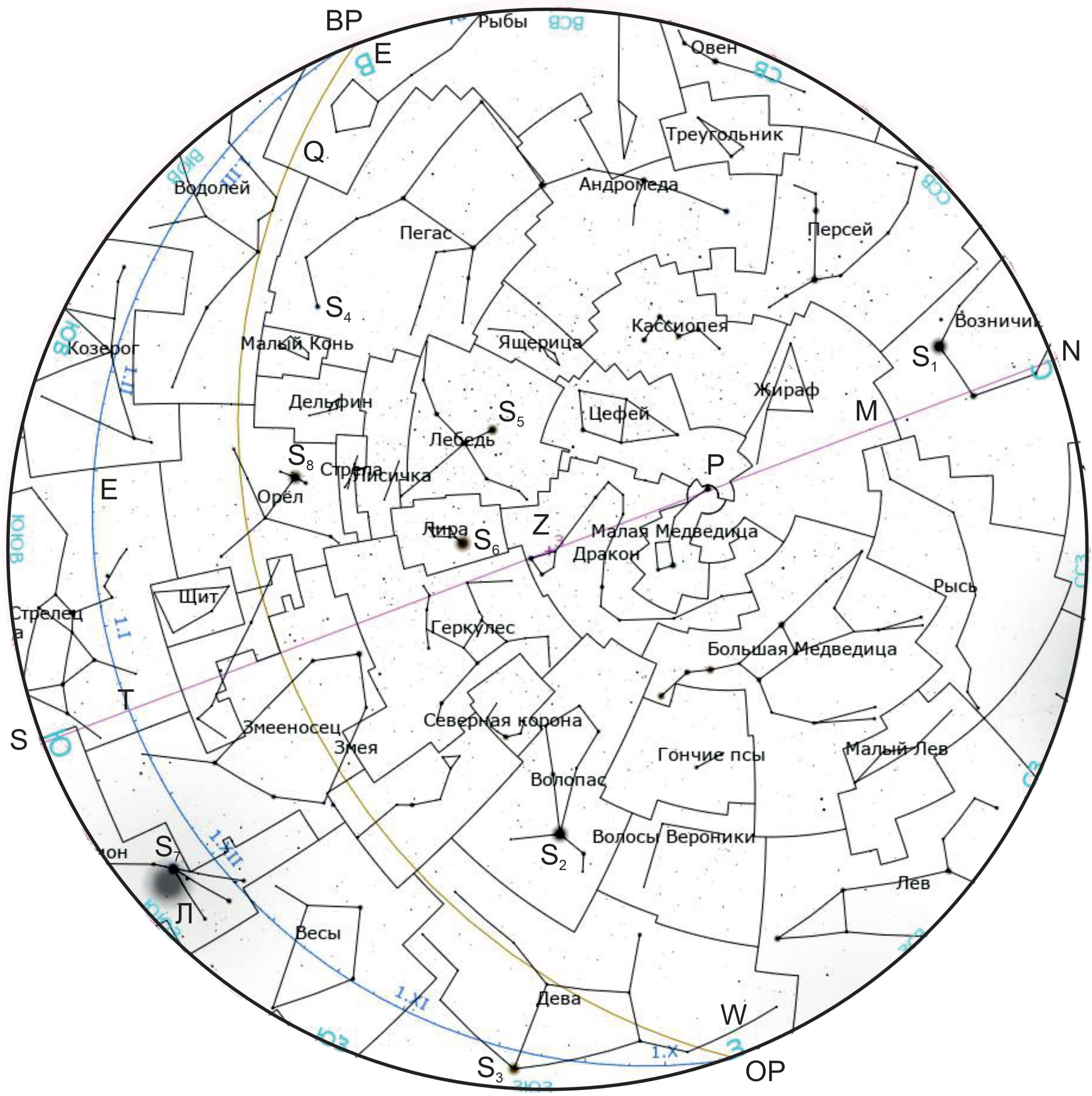


Рис. 7: Карта ответов к задаче «Звездное небо»