

Межрегиональная предметная олимпиада КФУ по астрономии,  
заключительный этап, 2025/26 учебный год, 8-9 класс

Краткие решения:

**9.1.** 10 июня 2017 года комета 47P прошла ближе всего к Солнцу. Когда эта комета последний раз в XX веке проходила перигелий, если большая полуось её орбиты составляет 4.11 а.е.? (20 баллов)

*Решение:* Период обращения кометы  $T = \sqrt{a^3}$  (5 баллов), численно  $T = 4.11^{1.5} = 8.33$  года (5 баллов). Это означает, что до этого перигелий был в 2009 году, а 2 оборота назад или  $8.33 \cdot 2 = 16.66$  года назад в дату  $2016.47 - 16.66 = 1999.81$ , примерно 21 октября 2000 года (5 баллов при любом верном счете дат, перевод в десятичные доли года не обязателен). Это и есть ответ, поскольку 2000 год – это еще XX век, XXI наступил 1 января 2001 года (5 баллов)

*Примечание.* Если перигелий 2000 года считается относящимся к XXI веку, а в ответе фигурирует 1992 год, задача оценивается не выше, чем в 10 балла. Если верный ответ получен иными верными рассуждениями, задача оценивается в 20 баллов. Ошибка  $\pm 10$  дней в финальном ответе не влияет на оценку.

**9.2.** В один и тот же момент времени планета Венера оказалась в наибольшей восточной элонгации для наблюдателей на Земле и в наибольшей западной элонгации для наблюдателей на Марсе. Найти расстояние между Землей и Марсом в этот момент. Орбиты всех трех планет считать круговыми и лежащими в одной плоскости. Рисунок выполните, соблюдая примерный масштаб и указав направление орбитального обращения планет. (15 баллов)

*Решение.* Восточная элонгация – планета видна к востоку от Солнца, т.е. на западе. Западная элонгация – планета видна на востоке. (3 балла за указание этого факта + правильный рисунок с указанием направления обращения 5 баллов, итого 8 баллов этап). Максимальная элонгация – углы СВМ и СВЗ равны  $90^\circ$  (4 балла). Используя теорему Пифагора для соответствующих треугольников, получим  $BZ = 0.69$ , а  $MB = 1.34$  а.е. Т.о., расстояние между Марсом и Землей при таком расположении планет равно 2.03 а.е. (3 балла). Если мы смотрим с северного полюса эклиптики, то орбитальное обращение происходит против часовой стрелки.

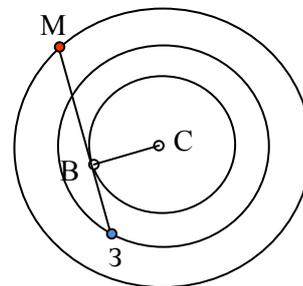


Рис.1, задача 9.2. Взаимное расположение планет, исходя (для наблюдателя на северном полюсе эклиптики), при этом орбитальное обращение происходит против часовой стрелки.

**9.3. Параллакс звезды  $8^m$  составляет  $0.015'' \pm 0.005''$ . Каково расстояние до звезды и с какой точностью оно определено? (15 баллов)**

*Решение. Расстояние до звезды  $r=1/\pi$ ,  $r=66.67$ пк (5 баллов; из них 1 балл за верную формулу при ошибке в вычислении расстояния). В школьной программе есть два способа оценки ошибки:*

*1. Самый простой способ оценить ошибку – посчитать расстояние при предельных значениях  $\pi$ . При  $\pi=0.02''$   $r=50$ пк, при  $\pi=0.01''$   $r=100$ пк. Таким образом, ошибка в «+» и «-» будет различна: в большую сторону 33 пк, в меньшую – 17 пк. Также очевидно, что десятые и сотые доли парсека в указании расстояния излишни. Ответ:  $r=67$ пк<sup>+33</sup><sub>-17</sub>пк (10 баллов, из них 2 – за указание верного количества знаков в ответе).*

*2. Также можно воспользоваться упрощенной формулой распространения погрешностей:  $\Delta r/r = \Delta \pi/\pi$ . Таким образом  $\Delta r=22.22$ пк. Ответ:  $r=67 \pm 22$ пк (10 баллов, из них 2 – за указание верного количества знаков в ответе).*

**9.4. 3 марта 2026 года произойдет полное лунное затмение. В Иркутске, имеющем долготу  $\lambda_1=104^\circ 18'$ , максимальная фаза затмения наступит в  $18^h 30^m$  местного среднего солнечного времени. Во сколько по местному времени это событие произойдет в Казани, имеющей долготу  $\lambda_2=49^\circ 07'$ ? Будет ли оно видно в Казани? (20 баллов)**

*Решение: Способ 1: Местное среднее солнечное время связано с долготой города формулой:  $T_\lambda = UT + \lambda$ . Тогда разницу местного времени между Иркутском и Казанью есть разность долгот:  $T_{И} - T_{К} = UT + \lambda_{И} - UT - \lambda_{К} = \lambda_{И} - \lambda_{К}$ . (3 балла. Также ставится максимальный балл за итоговую формулу без ее вывода) Знак «-» в формуле возникает в связи с тем, что Казань расположена западнее Иркутска. (1 балл) Подставляя значения из условия, получится:*

*$T_{И} - T_{К} = 104^\circ 18' - 49^\circ 07' = 55^\circ 11'$ . (3 балла) Так как градусная мера связана с часовой соотношением  $1^\circ = 4^m$  и  $1' = 4^s$ , то  $T_{И} - T_{К} = 55^\circ 11' = 220^m 44^s = 3^h 40^m 44^s$  (3 балла за правильный перевод). Исходя из этого можем узнать момент наступления максимальной фазы в Казани:*

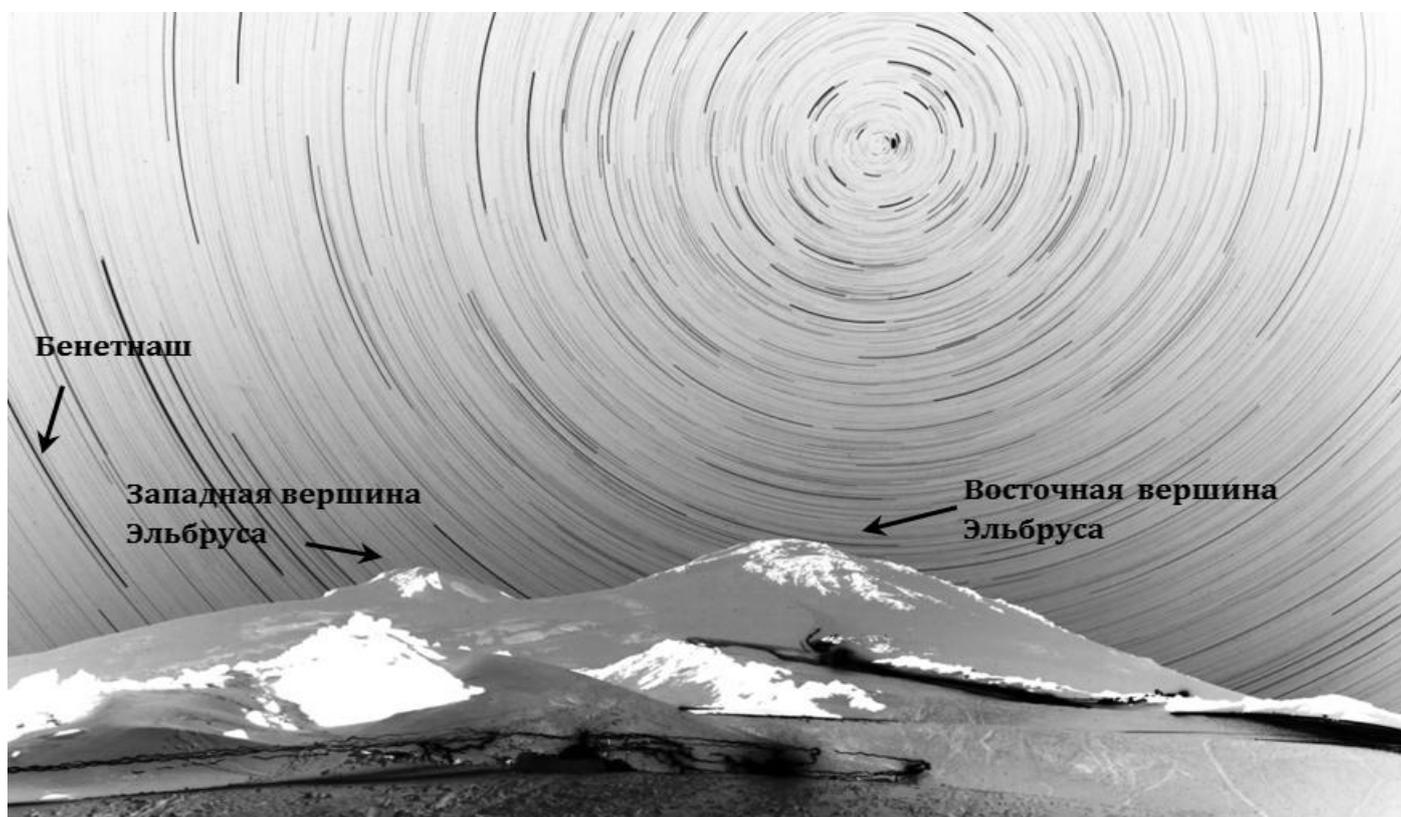
*$T_{К} = T_{И} - 3^h 40^m 44^s = 18^h 30^m - 3^h 40^m 44^s = 14^h 49^m 16^s = 14^h 49^m$  (2 балла. Балл снижается за грубое округление до часов, что не соответствует исходной точности измерений)*

*Способ 2: Так же можно найти момент наступления максимальной фазы в Казани по формуле  $T_{К} = UT + \lambda_2$ , предварительно переведя долготы в часы и посчитав гринвичское время:  $\lambda_1=104^\circ 18' = 6^h 57^m 12^s$   $\lambda_2=49^\circ 07' = 3^h 16^m 28^s$ ,  $UT = T_{И} - \lambda = 18^h 30^m - 6^h 57^m 12^s = 11^h 32^m 48^s$ . (Данный способ оценивается с тем же количеством баллов и по тем же критериям: верные формулы, промежуточные вычисления, перевод из одной меры в другую, итоговый ответ)*

*Лунное затмение наблюдается в полнолуние (то есть для наблюдателя на Земле естественный спутник находится в противоположной стороне от Солнца) и в момент, когда Луна над горизонтом. (4 балла за объяснение или приведение рисунка) 3 марта – дата близкая к весеннему равноденствию (20-21 марта: световой день примерно 6:00 – 18:00 местного времени). Следовательно, когда наступит максимальная фаза затмения, для Казани Солнце будет еще над горизонтом, а Луна под. Именно поэтому в Казани не будет видно. (4 балла. Неполный балл ставится в случае указания нахождения Луны под горизонтом без обоснования «почему». 0 баллов за ответ, что затмение не будет наблюдаться в Казани, без логичных рассуждений)*

Ответ: в  $14^h 49^m$ . Не будет видно в Казани.

9.5 Вам предложен снимок околополярной области неба, выполненный неподвижным фотоаппаратом со склонов Эльбруса. Размеры матрицы фотоаппарата 23.5x15.6 мм. По ширине снимок не кадрировался. Определите широту, на которой располагается Эльбрус. Высота Восточной вершины Эльбруса 5621 м, Западной – 5642 м над уровнем моря. Фотограф во время съёмки располагался на высоте 4100 м над уровнем моря. Расстояние по горизонтали от точки съёмки до Восточной вершины составляло 3500 м. Линия горизонта параллельна нижнему краю кадра. (30 баллов)



Решение:

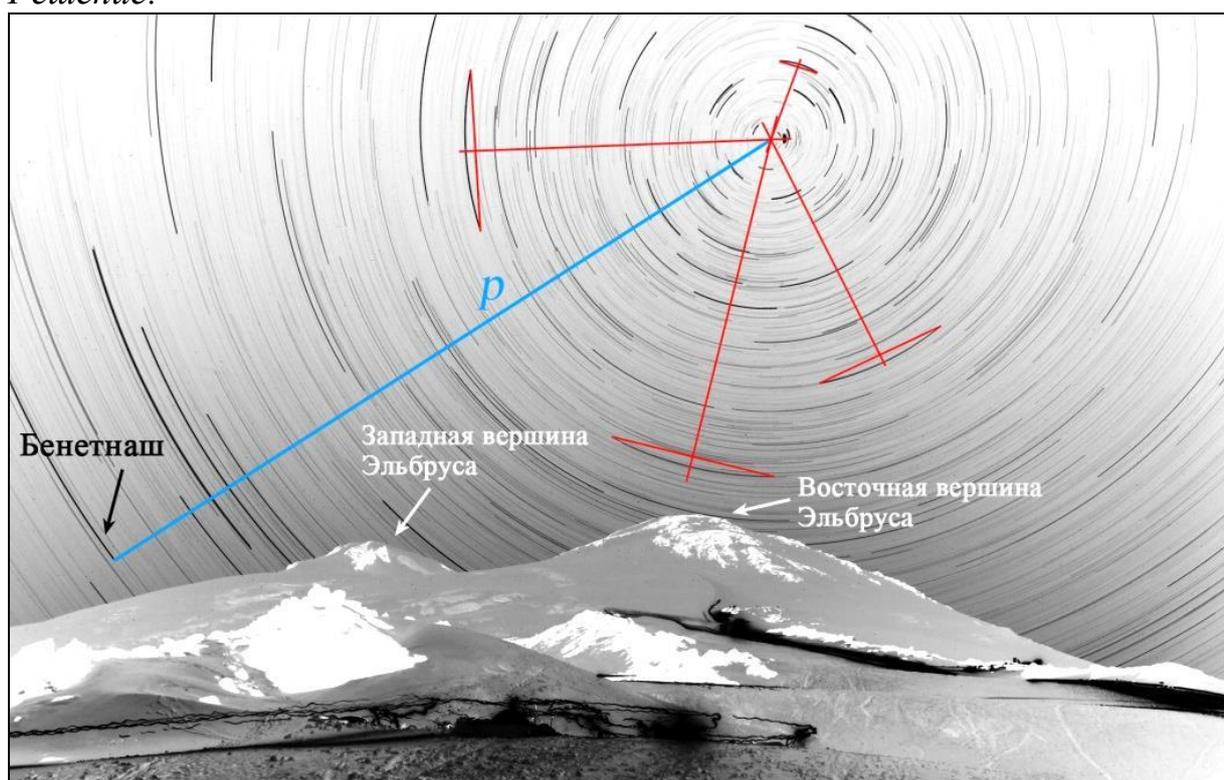


Рис. 2. К определению положения Полюса мира в задаче 9.5.

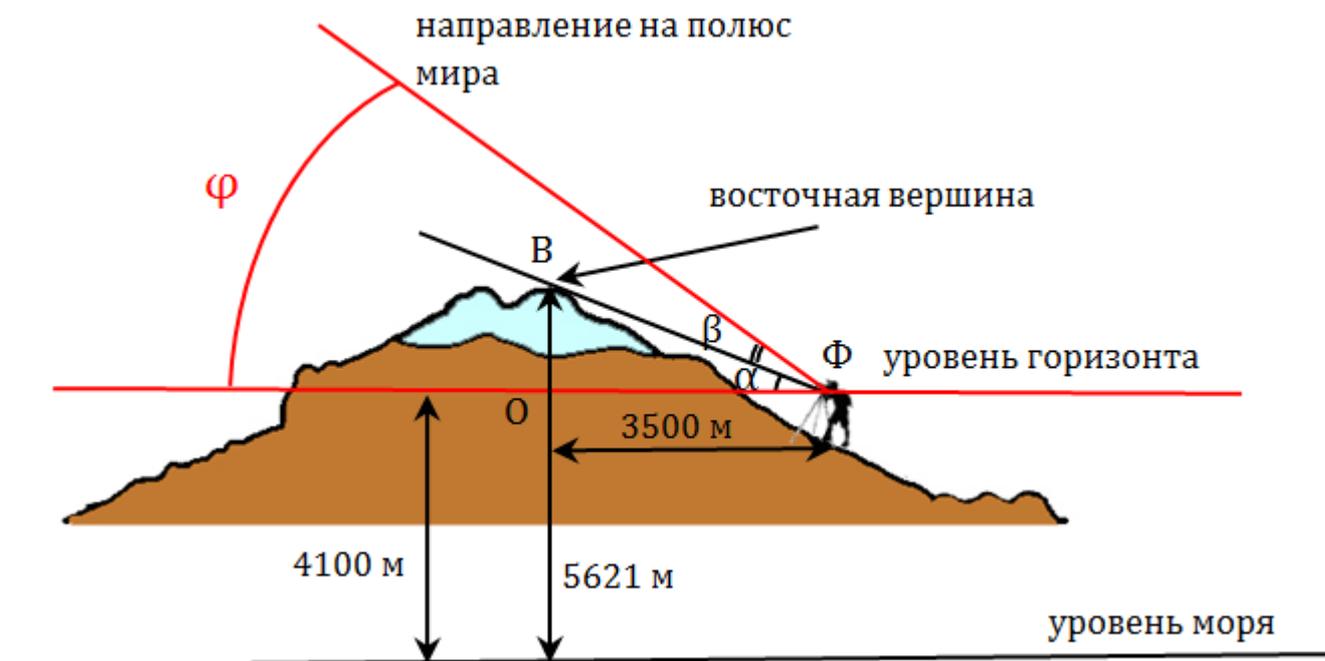


Рис. 3. К определению широты местности в задаче 9.5. Вид на Эльбрус и фотографа с запада.

Изобразим на рисунке фотографа и проекцию вершин горы Эльбрус на вертикальную плоскость, проходящую через линию север-юг (вид с запада на восток) (рис. 3).

Широта местности  $\varphi$  равна высоте полюса мира над горизонтом и складывается из угловой высоты полюса мира над восточной вершиной  $\beta$  и угловой высоты восточной вершины над линией горизонта для фотографа  $\alpha$ . (10 баллов – понимание геометрии задачи и верный рисунок)

Для решения определим положение полюса мира на фотографии методом серединных перпендикуляров (рис. 2) (5 баллов определение положения Полюса мира).

Угол  $\alpha$  определим из  $\Delta\Phi O B$ :  $\alpha = \arctg \frac{5621 \text{ м} - 4100 \text{ м}}{3500 \text{ м}} \approx 23.5^\circ$  (5 баллов)

Расстояние на фотографии от полюса мира до восточной вершины в 2.1 раза меньше, чем расстояние от полюса мира до Бенетнаша. Его склонение ( $49.2^\circ$ ) можно примерно вспомнить либо оценить, исходя из того, что между Дубхе и Мераком (крайними звёздами ковша) около  $5^\circ$ . Если и этого не помнить, то можно дать примерную оценку склонения – оно явно больше  $35^\circ$  и не превышает  $60^\circ$ . Для такой оценки пригодится знание неба – край «хвоста» Большой Медведицы не заходит за горизонт в умеренных широтах, опускаясь, при этом, довольно низко. Полученная таким образом оценка ( $\approx 45^\circ$ ) будет иметь низкую точность, но позволит решить задачу. (Любой из указанных методов оценки склонения оценивается в полный балл за этот этап – 5 баллов). Подставляя значения, получим:  $\beta = 40.2/2.1 \approx 19.4^\circ$ . (2 балла вычисления)

Широта Эльбруса  $\varphi = 23.5^\circ + 19.4^\circ \approx 43^\circ$ . (3 балла окончательный численный ответ с погрешностью не более  $15^\circ$ , учитывая неопределённость знания склонения Бенетнаша. Без оценки склонения Бенетнаша этот этап не оценивается).

Примечание: нелинейностью масштаба по полю зрения (из-за эффекта проекции и дисторсий объектива) пренебрегаем.

### Справочные данные:

Продолжительность земного сидерического года  $T=365.2564$  средних солнечных суток; Видимая звёздная величина Солнца  $-26.7^m$ ; Луны в полнолуние  $-12.7^m$ ;

1 а.е. =  $1.496 \cdot 10^8$  км; 1пк=206265 а.е, наклонение экватора Земли к плоскости эклиптики  $\epsilon=23^\circ 26'$ ;

Масса Солнца  $2 \cdot 10^{30}$  кг; Масса Земли  $6 \cdot 10^{24}$  кг,

Радиус Земли 6371 км, Луны 1737 км, Солнца –  $6.96 \cdot 10^5$  км;

Скорость света в вакууме  $c=299792$  км/с; гравитационная постоянная  $G=6.67 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/кг·с<sup>2</sup>..

Большая полуось орбиты Венеры 0.72 а.е., Марса 1.52 а.е.