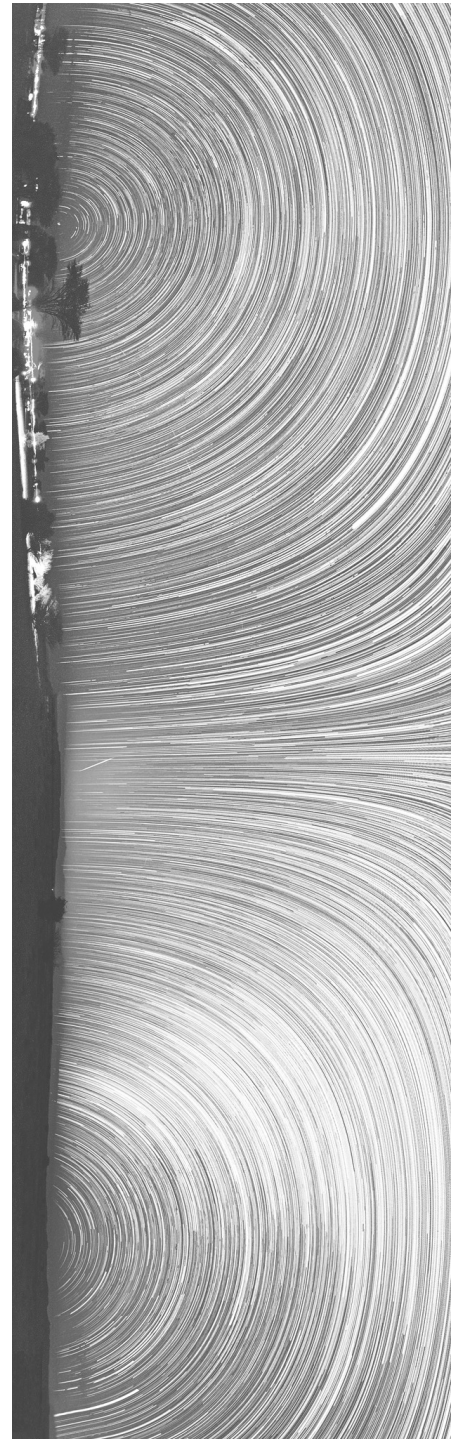


**XXXIII Санкт-Петербургская  
Астрономическая олимпиада**  
практический тур, решения

**2026**  
**15**  
**марта**

*7–8 классы*

Вам дан (повернутый на  $90^\circ$ ) снимок ночного неба, полученный с помощью неподвижной широкоугольной камеры. Определите широту и полушарие (северное или южное) места съемки, а также оцените продолжительность съемки. Не забудьте детально описать методику измерений и вычислений.



### Решение:

Как известно, Земля вращается вокруг своей оси, из-за чего звезды на небе в течение суток описывают окружности большего или меньшего радиуса в зависимости от их склонения (углового расстояния от небесного экватора), дуги которых будут видны на снимке, сделанном с продолжительной экспозицией. При этом звезды, находящиеся в полюсах мира, должны оставаться на месте и на снимке получатся в виде точки.

На левой части рисунка видно, что звездные треки (окружности) концентрируются вокруг яркой звезды. Это Полярная звезда, которая отстоит от северного полюса мира приблизительно на  $1^\circ$ . В южном полушарии столь же яркой звезды вблизи южного полюса нет: ближайшая к нему звезда —  $\sigma$  Октанта — тусклее Полярной примерно в 20 раз.

Известно, что высота полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения. Поскольку Полярная звезда в принципе видна, то наблюдатель расположен в Северном полушарии Земли, а так как она находится невысоко над горизонтом, то наблюдатель где-то вблизи от земного экватора.

В левой части снимка, в центре концентрических дуг, находится северный полюс мира  $P$ . В правой части рисунка южный полюс мира  $P'$  расположен под горизонтом; его положение можно найти как центр окружности, образуемой звездными треками (например, методом двух хорд).

Соединив два полюса и измерив линейкой длину отрезка  $PP'$ , получаем  $PP' \approx 135$  мм, что соответствует  $180^\circ$  (угловому расстоянию между полюсами мира). Заметим, что линейные размеры на изображении могли немного измениться из-за особенностей печати условий задачи, однако на ход решения и итоговые ответы это не влияет.

Математический горизонт находим следующим образом: определяем середину отрезка  $PP'$  и проводим через нее прямую, параллельную нижнему краю фотографии. Высота полюса мира (Полярной звезды) над горизонтом на снимке составляет приблизительно  $h \approx 2$  мм. Составляем пропорцию:

$$\frac{180^\circ}{135 \text{ мм}} = \frac{x}{2 \text{ мм}},$$

откуда

$$x = \frac{180^\circ \times 2}{135} \approx 2^\circ.7.$$

Заметим, что вблизи горизонта существенную роль играет атмосферная рефракция, которая приподнимает видимое положение светила на доли градуса, поэтому широту имеет смысл определять с точностью до градуса. С учетом рефракции истинная широта оказывается ближе к  $\varphi \approx 2^\circ$ .

Также можно оценить погрешность, связанную с точностью измерений. Цена деления шкалы линейки составляет 1 мм, следовательно, погрешность определения широты окажется около  $0^\circ.7 \approx 1^\circ$ . Таким образом, формулируем окончательный ответ:  $\varphi = 2^\circ \pm 1^\circ$ .

Принципиально возможно также с помощью транспортира измерить угол между небесным экватором (перпендикулярным линии, соединяющей полюса) и горизонтом. Такой метод измерения менее точен, однако при аккуратном выполнении измерений этот угол окажется равным  $\theta \approx 88^\circ$ , и поскольку он дополняет широту до  $90^\circ$ , то итоговая оценка широты оказывается такой же.

Для измерения длительности съемки необходимо определить угловую протяженность звездных треков. Следует выбирать треки, расположенные ближе к горизонту, поскольку вдали от горизонта широкоугольный объектив вносит существенные геометрические искажения.

Полный оборот ( $360^\circ$ ) каждая звезда совершает за одни звездные сутки ( $23^h 56^m$ ; с достаточной точностью их можно принять равными  $24^h$ ). Измерив несколько треков, соответствующих ярким звездам (их сравнительно легко выделить) получаем их угловую протяженность в диапазоне  $35^\circ \div 40^\circ$ . Составляем пропорцию (для случая  $40^\circ$ ):

$$\frac{360^\circ}{24^h} = \frac{40^\circ}{t},$$

и получаем, что время экспозиции составило

$$t = \frac{24^h \times 40^\circ}{360^\circ} \approx 2^h.7 \approx 2^h 40^m.$$

Для нескольких разных треков результаты измерения могут несколько различаться (что обусловлено сложностью точного выделения начала и конца трека на изображении), однако во всех случаях результат будет находиться в диапазоне  $2^h.5 \div 3^h$ , что и является ответом на второй вопрос задачи.



В заключение приведем исходное изображение. Оно получено недалеко от озера Рудольф в северной Кении, широта места съемки действительно  $2^\circ$  северной широты, а продолжительность — несколько менее 3 часов.

*П.А.Тараканов, А.А.Осетрова*