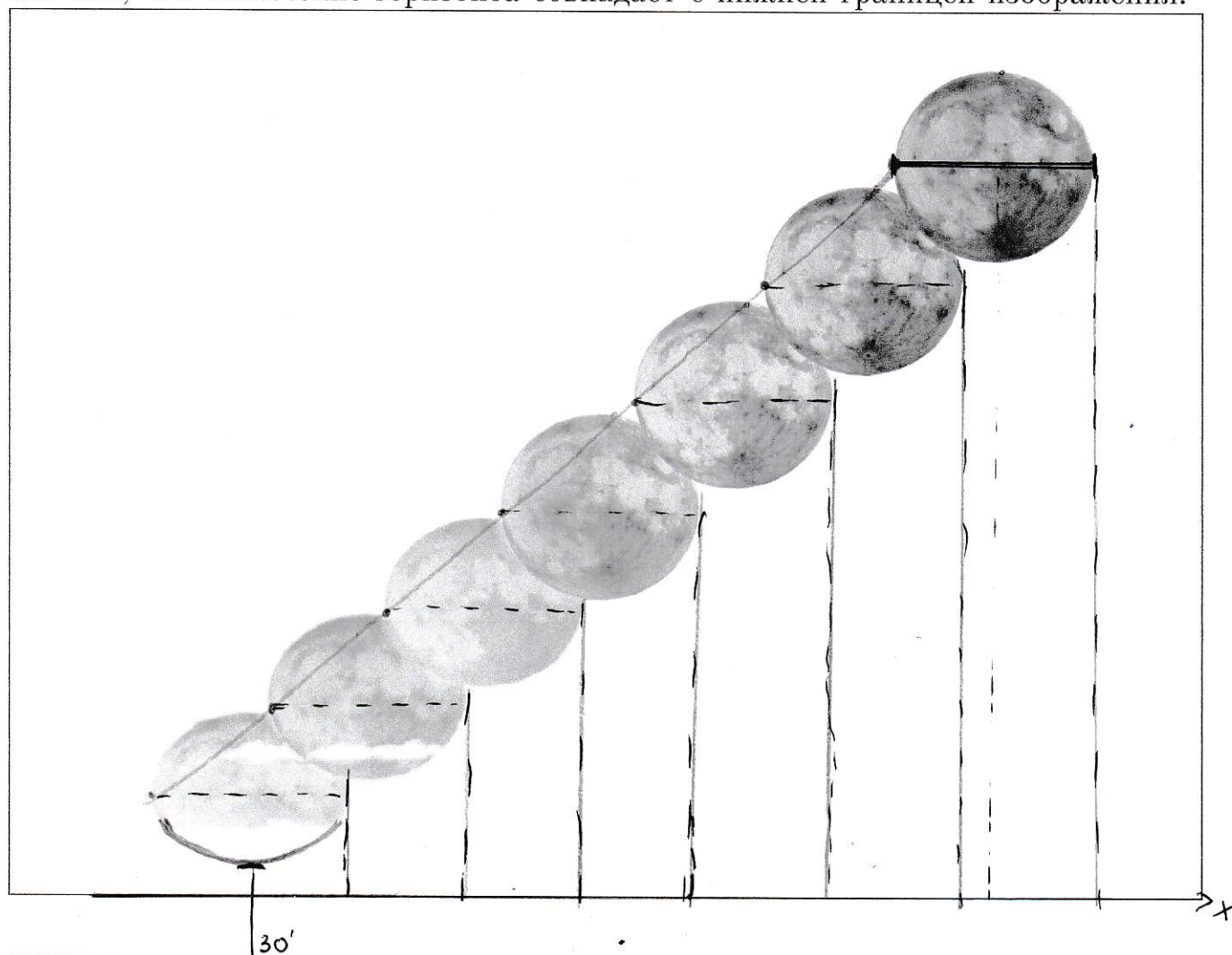


**XXXII Санкт-Петербургская
Астрономическая олимпиада**
практический тур

2025

2
марта*10 класс*

Вам даны наложенные на один снимок изображения Луны недалеко от горизонта, полученные во время ее восхода (нижние изображения частично перекрыты зданиями и облаками). Считая рефракцию на горизонте при имеющихся атмосферных условиях равной $30'$, постройте зависимость угла рефракции от высоты для малых высот в виде таблицы или графика, а также оцените величину угла рефракции на высоте, равной 3° . Можно считать, что положение горизонта совпадает с нижней границей изображения.



Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

<http://school.astro.spbu.ru>

Зная, что угловой диаметр диска Луны $\approx 30'$, определим угловой масштаб снимка.

Резоррация ~~ва~~ искажает размеры Луны только по вертикали, горизонтальный размер остаётся неизменным.

$$d = 30'$$

$$D = 29 \text{ мм} \quad \mu = \frac{d}{D} \approx 1,03' / \text{мм} \approx 1' / \text{мм}$$

т.к. горизонт $p-p$ ~~остаётся~~ const , по интервалам между проецированием одной и той же точки ^{на Ox} диска для каждого изображения Луны, можно определить временной интервал между снимками.

№ $\Delta l, \text{мм}$	$N - N + 1$	$\Delta l, '$	$\Delta t, \text{ч}$
13	1-2	13	5,02
12	2-3	12	4,8
11	3-4	11	4,4
20	4-5	20,6'	8,0
20	5-6	20,6'	8,0
21	6-7	21'	8,4

$$\Delta l' = \Delta l \cdot \mu$$

$\Delta l \neq \text{const} \Rightarrow$ снимки были сделаны с различными временными интервалами

сред. перем. Луны $\approx 29 \text{ см} \Rightarrow v$ движ по небесной сфере $\odot$

$$\odot \frac{360^\circ}{365}$$

$$25 \text{ (ч/сут)} \approx \frac{360 \cdot 60}{365 \cdot 24 \cdot 60} =$$

$$v (1'/\text{час}) = \frac{360 \cdot 60'}{365 \cdot 24 \text{ ч}} = \frac{900}{365} 1'/\text{ч} \approx 2,5' / \text{ч}$$

$$\Delta t = \Delta l' / v$$

Предположим, что рефракция p равна углу между истинным и наблюдаемым положением светила.
 Изменение ^{положения светила} диаметра пропорционально изменению значения рефракции $\Rightarrow$ зная разность $d_{\text{ист}} = 30'$ (диам. диска Луны) и d_n (наблюдаемый верт. раз-р Луны) и зная рефракцию на горизонте (примем её за знач. рефр. для первого сечения Луны), можем определить зная рефр. для каждого сечения.

N	$h_{\text{мм}}$	h'	$d_{n, \text{мм}}$	$\Delta d = d_{\text{ист}} - d_{n, \text{мм}}$	$p = \Delta d \cdot \frac{30'}{9'}$
1	15	15	21,0	9,0	30,0 30,0
2	28	28	24,0	6,0	20,0 20,0
3	42	42	25,0	5,0	16,7 16,7
4	57	57	27,0	3,0	10,0 10,0
5	74	74	⁴ 28,5	2,5	8,3 8,3
6	91	91	28,0	2	6,6
7	108	108	28,1	1,9	6,3

погрешность измерений $\pm 1 \text{ мм}$

$$\Delta d \sim p \Rightarrow \frac{\Delta d_1}{p_1} = \frac{\Delta d_2}{p_2} = \frac{9 \text{ мм}}{30'} \Rightarrow p_n = \Delta d_n \cdot \frac{30'}{9'}$$

По таблице построим график зависимости $p(h)$ (см. стр 3)

Из графика видно, что рефракция убывает экспоненциально с увеличением высоты. Проведем график до p , при котором $h = 3^\circ = 180'$.

$$p(h=180') \approx 5,2'$$

если соединить одинаковые точки на всем ряде сечений, получившаяся кривая также будет показывать экспоненту.

Ответ: $p = 5,2'$

