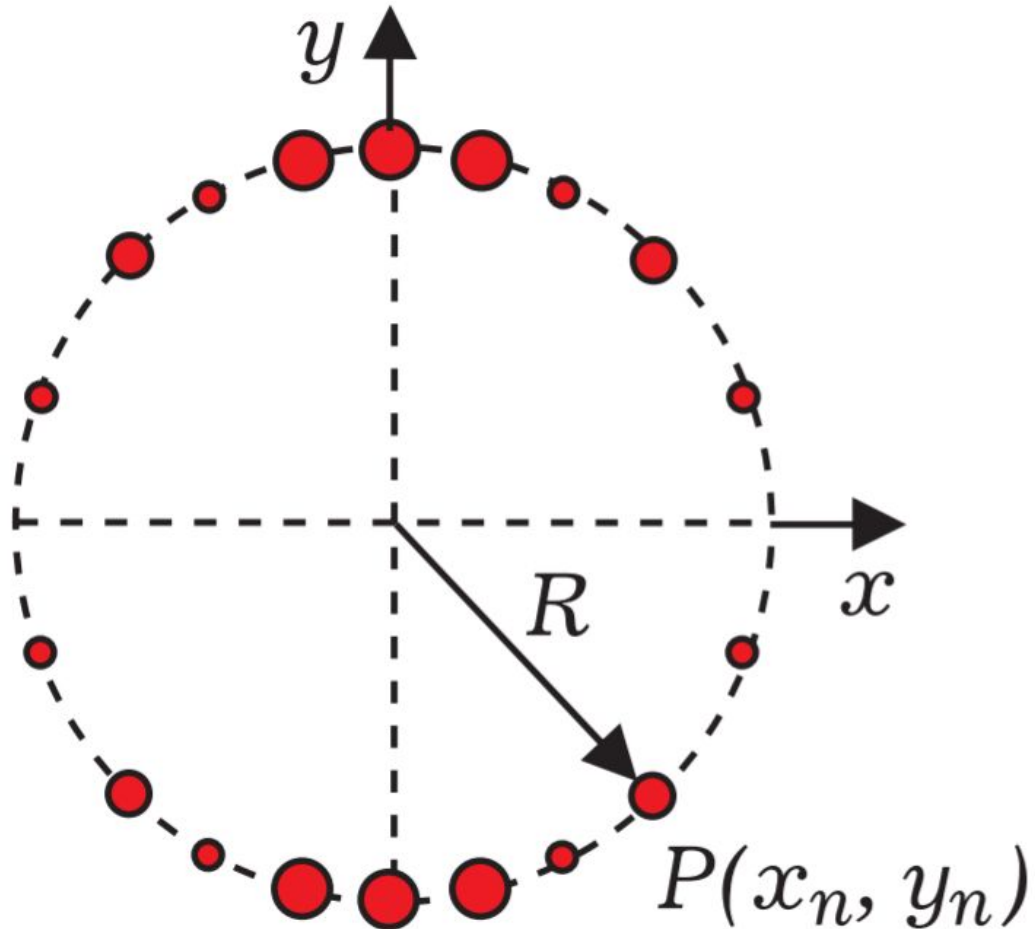


Вопрос по выбору на тему

# Дифракционное колесо



*Работу подготовила  
Кузнецова Светлана,  
студент Б06-905  
группы*

# Введение

Дифракция- совокупность явлений, наблюдаемых при распространении света в среде при ограничении или искажении волнового фронта.

При рассмотрении дифракции обычно ограничиваются дифракцией света в случае нормального падения, когда все вторичные источники «переизлучают» свет одновременно.

В своем вопросе по выбору я рассмотрю дифракцию при наклонном падении. Особенностью рассмотрения дифракции при наклонном падении света является то, что вторичные источники включаются в «переизлучение» вторичных волн не одновременно, а со скоростью, превышающей скорость света.

# Дифракция при наклонном падении света на щель

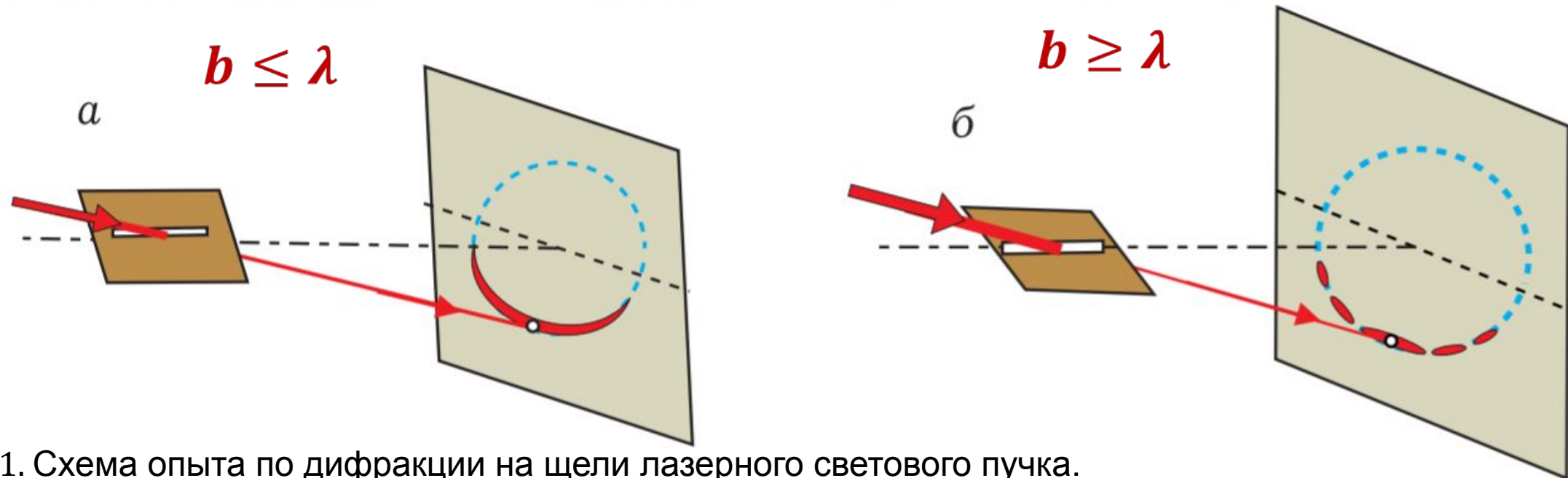


Рис. 1. Схема опыта по дифракции на щели лазерного светового пучка.

Опыт показывает, что в этом случае **свет после дифракции на щели можно представить как систему световых лучей, направленных вдоль образующих на поверхности половины конуса**, а показанная на рисунке окружность на экране наблюдения является сечением поверхности этого конуса.

Гюйгенс-Френель: узкая щель  $\rightarrow$  цепочка точечных источников, излучающих вторичные волны в пространство за щелью.

Интерференция всех вторичных волн даёт в результате дифрагированный световой пучок.

Рассмотрим 2 параллельных луча падающей волны, которые выделяют произвольный отрезок АВ вторичных источников, и два луча дифрагированной волны, которые могут не лежать в плоскости рисунка и направлены в т. наблюдения Р

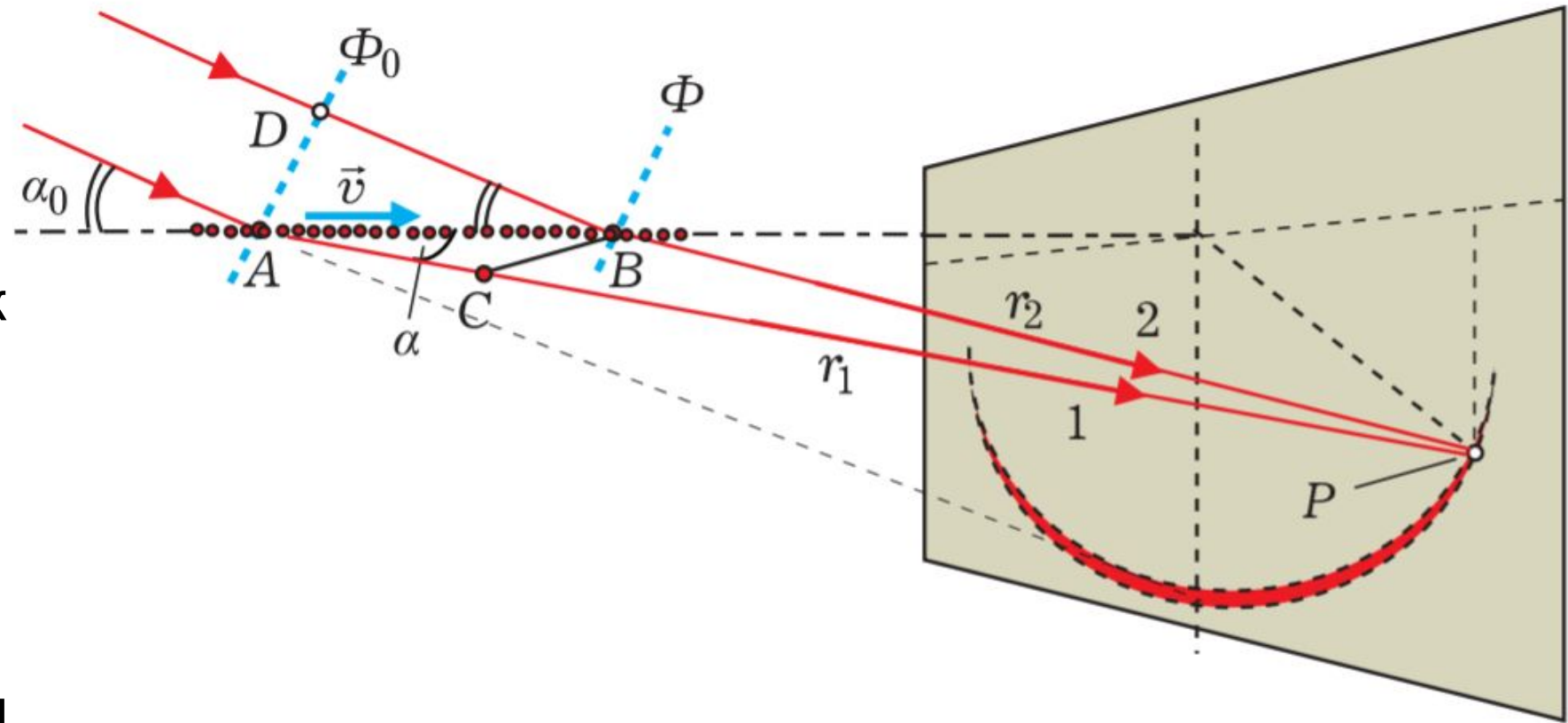


Рис. 2.

- Выберем одну из поверхностей равной фазы – волновой фронт  $\Phi_0$ . В случае наклонного падения вторичные источники излучают с запаздыванием по мере продвижения волновой поверхности со скоростью  $v$  на расстояние  $AB = v \cdot \Delta t$  от положения  $\Phi_0$  до положения  $\Phi$  через небольшой интервал времени.

Учитывая, что в воздухе световая волна движется со скоростью  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с, из прямоугольного треугольника  $ADB$  на рисунке находим:

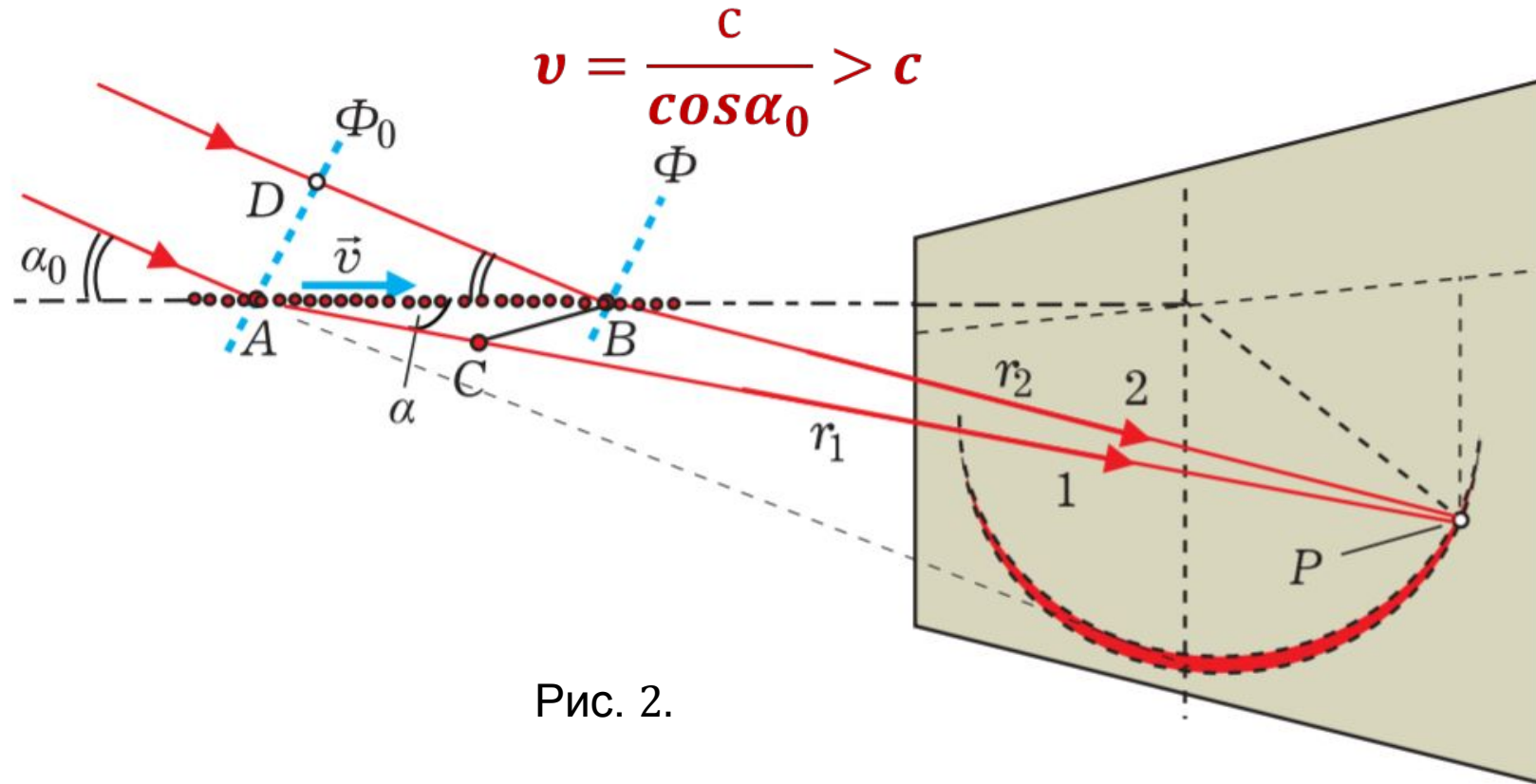


Рис. 2.

«Включение» вторичных источников со скоростью  $v$  накладывает ограничения на возможные направления распространения света за щелью.

Рассмотрим волны, возникающие в точке А в момент времени  $t_1$  (волна 1) и в точке В в момент времени  $t_2 = \Delta t + t_1$  (волна 2).

Пусть волны 1 и 2 приходят в точку наблюдения Р в моменты времени  $\tau_1$  и  $\tau_2$ , проходя, соответственно, расстояния  $r_1$  и  $r_2$ . Разница во временах прихода волн в точку Р:

$$\tau_1 = t_1 + \frac{r_1}{c} \quad \tau_2 = t_2 + \frac{r_2}{c}$$
$$\Delta\tau = (t_2 - t_1) - \frac{r_1 - r_2}{c}$$

Если  $AB \ll r_1, r_2$ ; следовательно из рисунка видим, что

$$r_1 - r_2 \approx AB \cdot \cos \alpha = v_{\Delta} t \cos \alpha, \text{ где } \alpha \text{ – угол между щелью и лучом 1.}$$

Тогда 
$$\Delta\tau \cong \Delta t \left(1 - \frac{v}{c} \cos \alpha\right)$$

Поскольку отрезок АВ выбран произвольно, то и  $\Delta t$  тоже произвольно. Волны 1 и 2 будут интерферировать на экране и усиливать друг друга только если  $\Delta t=0$ , т.е. при условии:

$$1 = \frac{v}{c} \cos \alpha$$

Учитывая:

$$v = \frac{c}{\cos \alpha_0}$$

Получим что для интерферирующих волн  $\alpha = \alpha_0$

На экране, расположенном перпендикулярно направлению щели наблюдается дифракционная картина, в которой освещёнными оказываются только точки вблизи полуокружности – сечения упомянутой конической поверхности. Радиус полуокружности зависит от расстояния от экрана до щели.

# Дифракция на решётке при скользющем падении лазерного излучения

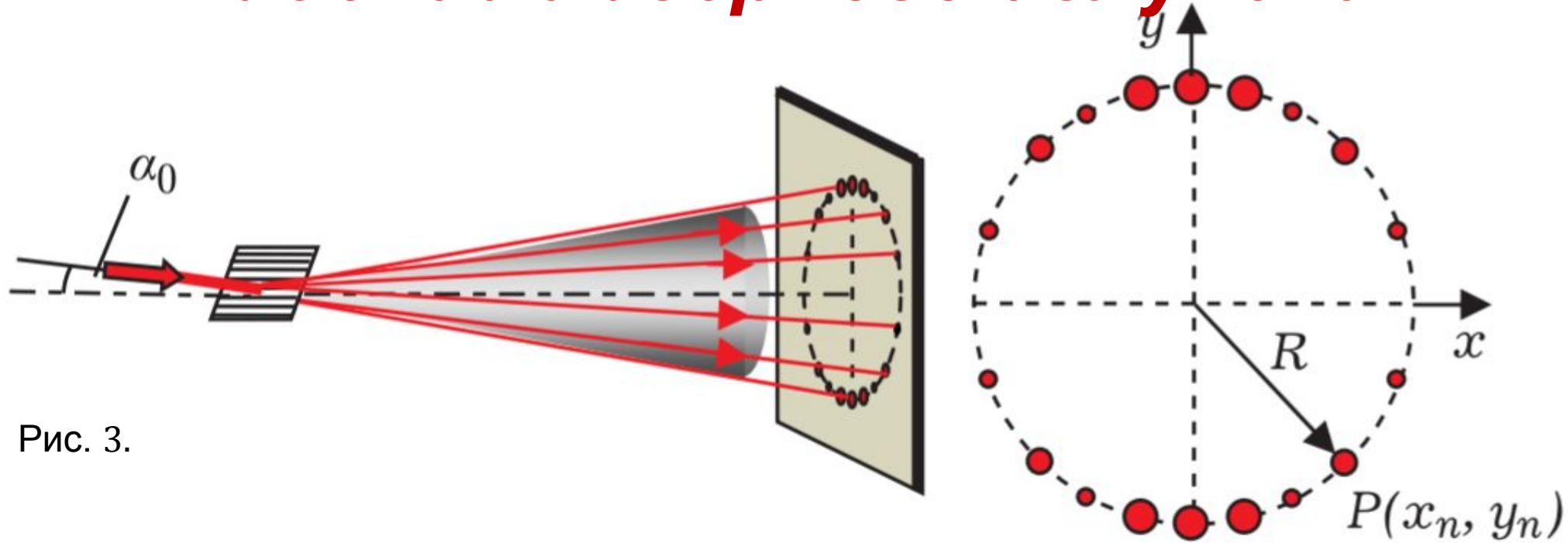


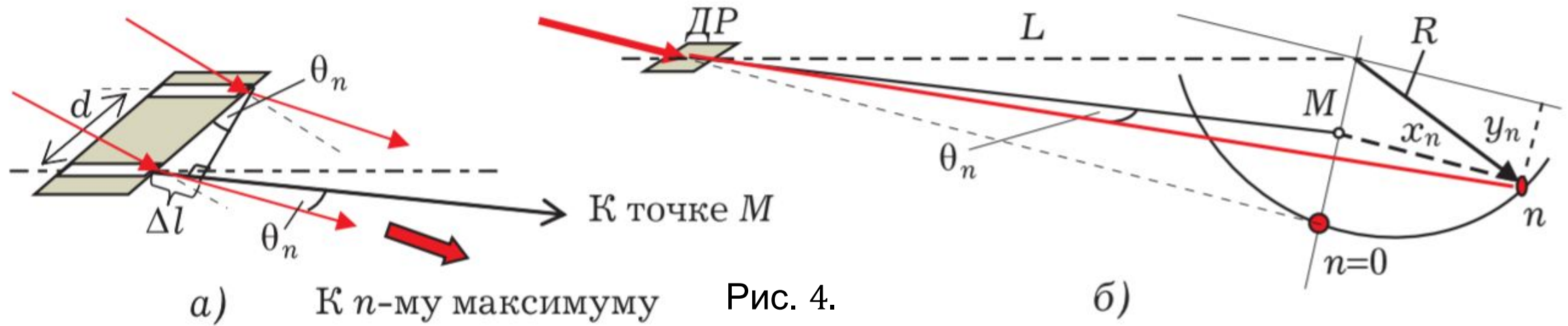
Рис. 3.

Световые волны, дифрагированные на каждой из  $N$  щелей, распространяются вдоль образующих конуса и перекрываются. Верхняя часть дифракционной картины образуется при дифракции на отражение, нижняя часть при дифракции на прохождение света. В тех направлениях, для которых на разности хода  $\Delta l_n$  волн от соседних щелей укладывается целое число  $n$  длин волн, волны взаимно усиливаются при интерференции, и интенсивность увеличивается в  $N^2$  раз.

В соответствующих точках экрана наблюдения, находящихся на окружности радиуса  $R = \sqrt{x_n^2 + y_n^2} = L \operatorname{tg} \alpha_0$  образуются яркие пятна- главные максимумы.



Мысленно выделим в падающем световом пучке два луча, падающие на две соседние щели, и два луча, исходящие от щелей и направленных к главному  $n$ -му максимуму. Направление на  $n$ -й максимум задаётся углом  $\theta_n$ , который является углом в прямоугольном треугольнике на рис.4б.



$\Delta l = d \sin \theta_n$  - разность хода для волн, идущих от соседних щелей

Условие на главные максимумы:  $d \sin \theta_n = n\lambda$

$$\sin \theta_n = \frac{x_n}{\sqrt{L^2 + R^2}}$$

Тогда  $x_n = n \frac{\lambda L}{d} \sqrt{1 + \frac{R^2}{L^2}}$  и при  $x \rightarrow R$   $n \rightarrow n_{max} = \frac{d}{\lambda} \frac{R}{\sqrt{L^2 + R^2}}$

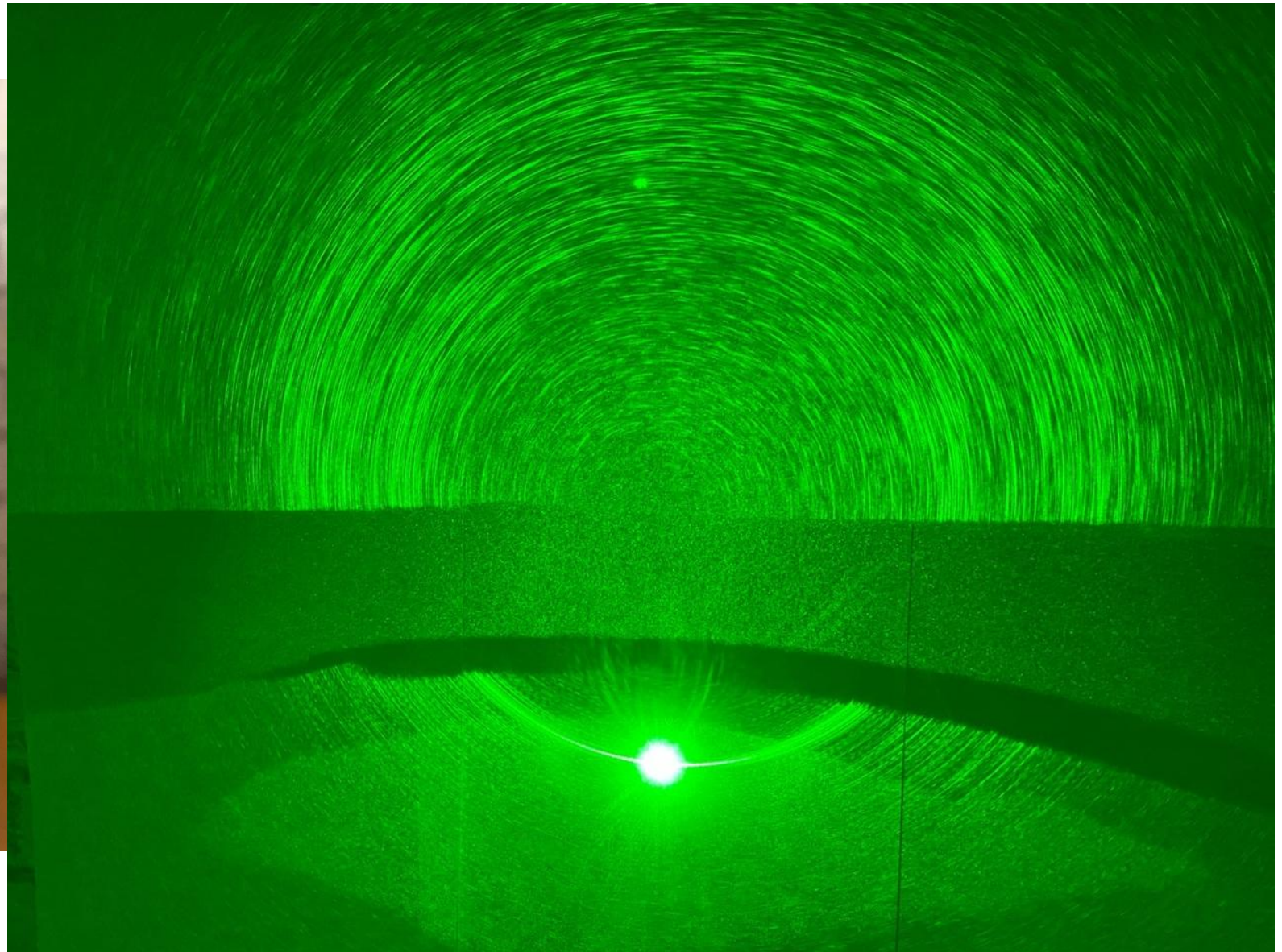
# **Экспериментальная установка**

- *В данной работе был использован лазер с длиной волны 532 нм мощностью 5000 мВт.*
- *Лазер был закреплен на книге, между страничками которой был помещен маркер для изменения угла, под которым будут падать лучи.*
- *В качестве дифракционной решетки были использованы отпалированная игла и волос.*
- *В качестве экрана использовались белые листы, закрепленные на стене.*

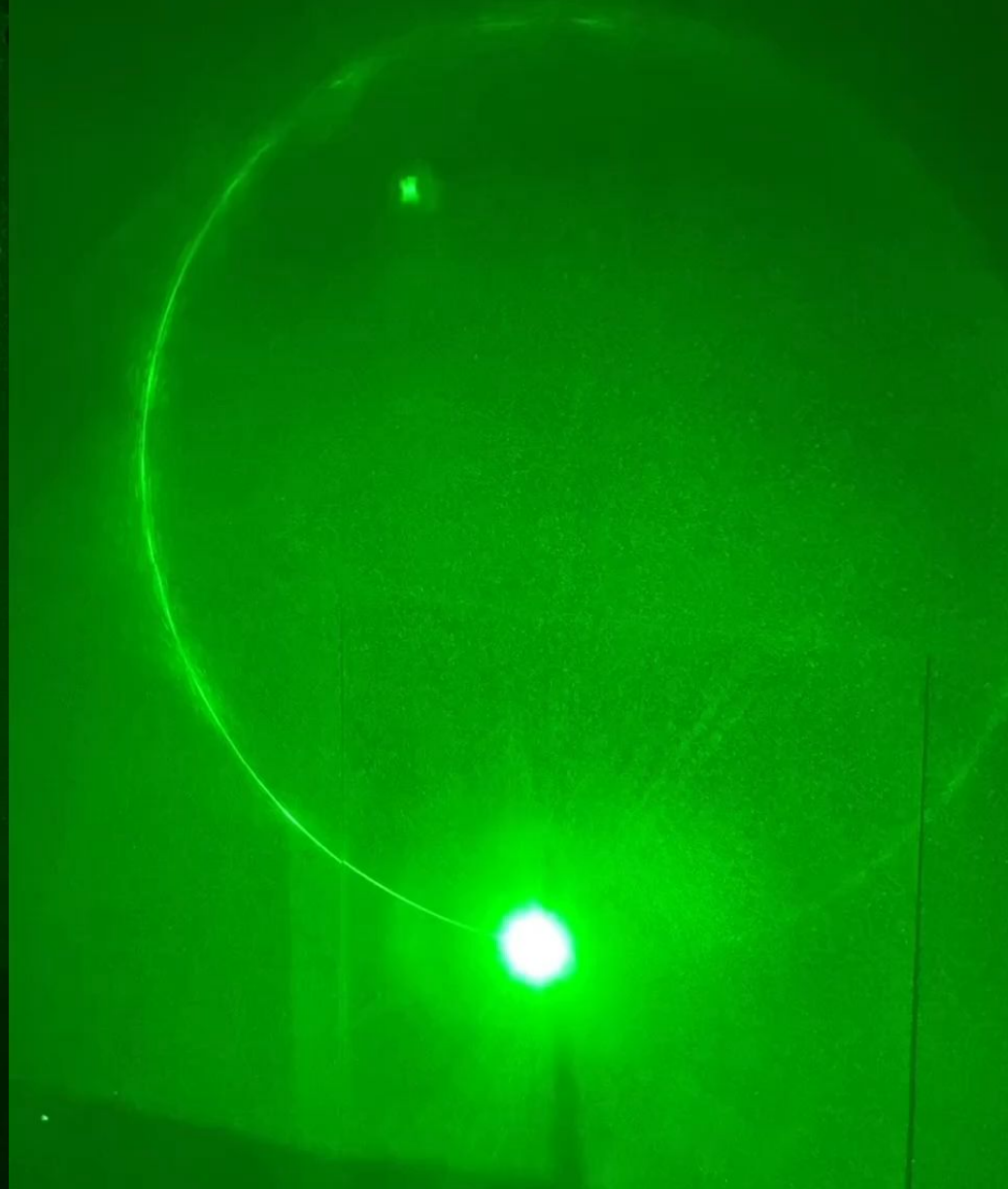
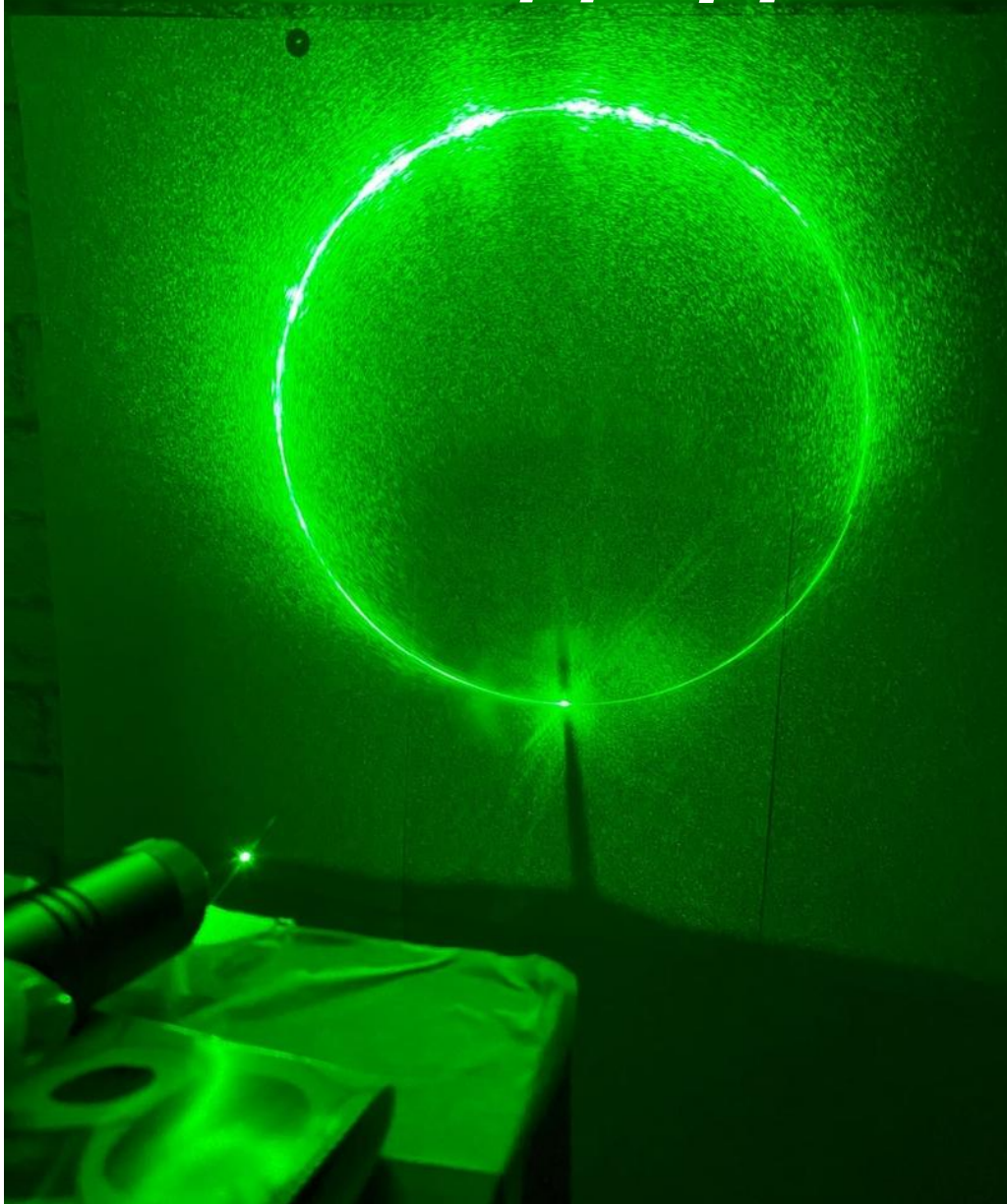
# ***Экспериментальная установка***



# *Дифракция на волосе*



# Дифракция на игле



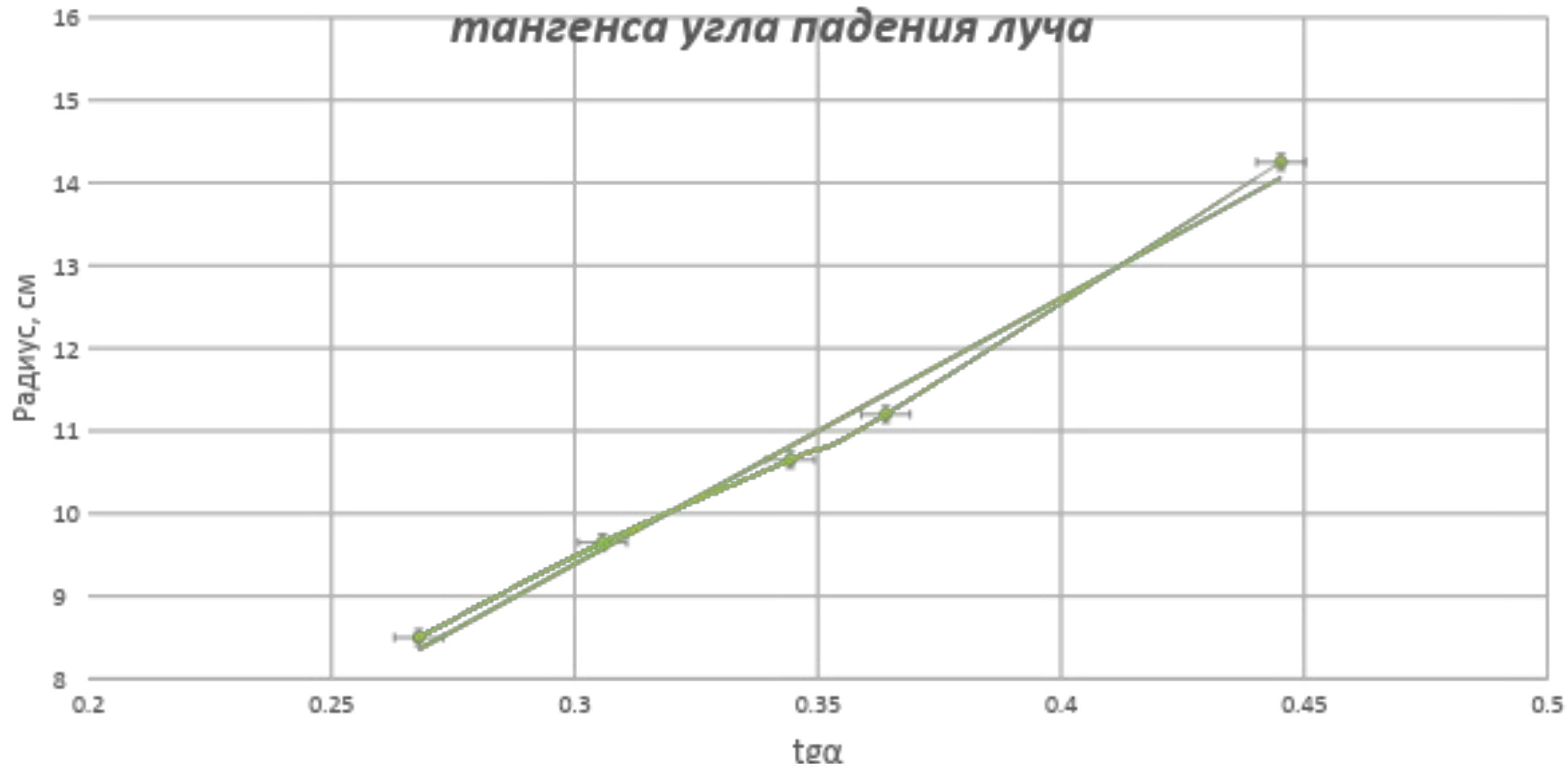
# Измерения

Были проведены измерения угла, под которым падает луч лазера на иглу. Полученные результаты сравнивались со значением угла, измеренные транспортиром.

№	$L \pm 0,1$ см, см	$d \pm 0,1$ см, см	$r \pm 0,1$ см, см	$\text{tg}\alpha$	$\alpha \pm 0,24^\circ$ , °	$\alpha_{\text{изм}} \pm 1^\circ$ , °
1	31,5	28,5	14,25	0,452	24,3	24,0
2		22,5	11,20	0,356	19,6	20,0
3		21,3	10,65	0,338	18,7	19,0
4		19,3	9,65	0,306	17,0	17,0
5		17,0	8,50	0,270	15,1	15,0

$$\varepsilon_{\alpha} = 1\% \quad \varepsilon_{\alpha_{\text{изм}}} = 6\%$$

## Зависимость радиуса дифракционного колеса от тангенса угла падения луча



$$\varepsilon_L = 12,6\%$$

# *Список используемой литературы*

- 1) В.В. Лосев, В.И. Плис. Дифракция света на щели и тонком цилиндре. Конус дифракции. ФМИ №2 2016
- 2) В.В. Лосев, В.И. Плис. Дифракция на одномерных дополнительных решетках. Дифракционное колесо. ФМИ №6 2016



# *Благодарности*

*Огромная благодарность*

*Валерию Ивановичу*

*за тему **Лпису** в отборе по*

*и помощь в **выборе***

*реализации*

*и*

