Лабораторная работа О-7
Интерференция в тонких пленках.
Определение геометрических параметров
поверхностей прозрачных тел
интерференциальными методами

Цель: изучить явление интерференции света
в тонком прозрачном слое однородного
изотропного диэлектрика кольца Ньютона
определить интерференциальным методом
радиусы кривизны поверхностей линзи
параметры областей неоднородности

Теор. часть:
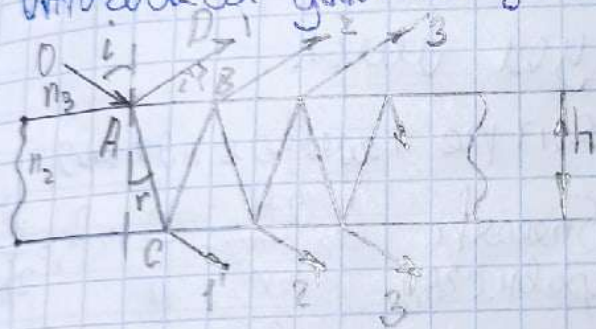
Если выпуклую сферическую пов-ть
линзы соприкоснуть с плоскопарал.
стеклянной пластинкой и направить
по нормали к пластине пучок света,
то в свете, проходящем через эту систему
и в свете отраженном от нее;
можно увидеть интерференционную

концентрических светлых и темных колец
(кольу Ньютона)
Радиус колец зависит от
• порядкового номера
• длины волны
• радиуса кривизны линзы

Оптическая длина пути луча — длина пути луча в вакууме

Оптическая разность хода лучей

$$\Delta = (AC + CB)n_2 - (AD - \frac{\lambda_1}{2})n_2 = \frac{2hn_2}{\cos r} - n_1 AB \sin i +$$

$$+ \frac{\lambda_1 n_1}{2} = \ldots = 2h\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda_1 n_1}{2}$$

Если $n_2 < n_1$: $\Delta = 2h\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda_2 n_2}{2} \Rightarrow \Delta(i, h, n)$

Кольуа Ньютона более контрастны в отражен.
луча λ

При большом λ, $i = 0 \Rightarrow \Delta 2h + \frac{\lambda}{2}$

В зависимости от h оптическ разность хода Δ может содержать четное или нечетное число полуволн, что приводит к появлению интерфер. максимума (светлого кольца) или минимума (темн. кольца)

(1) $\Delta = 2h + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda = (k-1)\lambda \, (k=1,2,3) \Rightarrow$ усл макс.

(2) $\Delta = 2h + \dfrac{\lambda}{2} = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ или $2h = k\lambda \, (k=0,1,2,3)$ или
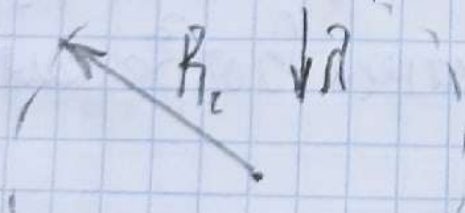
$\Delta = (2k-1)\dfrac{\lambda}{2} \Rightarrow$ усл мин.

из (2): при $k=0$ в центре темное пятно

$\dfrac{2R_1 - h}{r} = \dfrac{r}{h}$; пренебрегая h (по сравн. с 2R₁) $\Rightarrow \dfrac{2R_1}{r} = \dfrac{r}{h} \Rightarrow R_1 = \dfrac{r^2}{2h}$

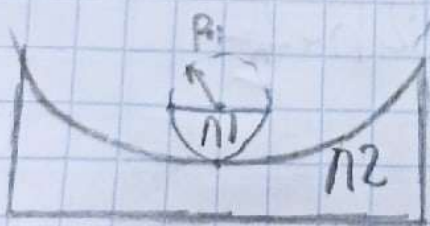$\Rightarrow R_1 = \dfrac{r^2}{(k-\frac{1}{2})\lambda} = \dfrac{d^2}{4(k-\frac{1}{2})\lambda}$ — с усл. min

$R_1 = \dfrac{r^2}{k\lambda} = \dfrac{d^2}{4k\lambda}$

$d^2 = 4\lambda R_1 k = C_1 k$, где $C_1 = 4\lambda R_1 \Rightarrow R_1 = \dfrac{C_1}{4\lambda}$

$\dfrac{1}{R_1} - \dfrac{1}{R_2} = \dfrac{4k\lambda}{d^2}$

d — диам темн кольца

$R_2 = \dfrac{1}{\dfrac{1}{R_1} - \dfrac{4\lambda}{C_2}}$; $C_2 = \dfrac{4\lambda}{\dfrac{1}{R_1} - \dfrac{1}{R_2}}$

k	
1	
2	
3	
4	

1)

2

A				Б			
к	N_1	N_2	d, мм	d^2, мм²	N_1	N_2	d, мм	d^2, мм²
1	83	96	0,186	0,035	82	99	0,243	0,059
2	79,5	99,5	0,286	0,082	78,5	102,5	0,343	0,118
3	77,5	101,5	0,343	0,118	76	105	0,414	0,171
4	75,5	103,5	0,4	0,16	73,5	107	0,479	0,229

$$R_1 \pm \Delta R_1 = 16,4 \pm 0,51 \qquad R_2 \pm \Delta R_2 = 62,25 \pm 1,95$$

1) $d_n^2 = 0,035 \qquad d_m^2 = 0,16$

$$C_1 = \frac{0,035 - 0,16}{1-4} \approx 0,042 \text{ мм}^2$$

$$R_1 = \frac{C_1}{4\lambda} = \frac{0,042}{4 \cdot 640 \cdot 10^{-9} \cdot 10^6} \approx 16,4 \text{ мм}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta R_1}{R_1} = \sqrt{\left(\left(\frac{2d_m}{d_n^2 - d_m^2}\right)^2 + \left(\frac{2d_n}{d_n^2 - d_m^2}\right)^2\right)(\Delta d_m)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2}$$

$$\left[\Delta d_m \approx \Delta d_n \approx \Delta d \approx \sqrt{2}\,\frac{1}{y}\,\Delta N \quad ; \quad \Delta \lambda \approx 20 \text{ нм}\right]$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$$

$$\Delta R_1 = 0,51$$

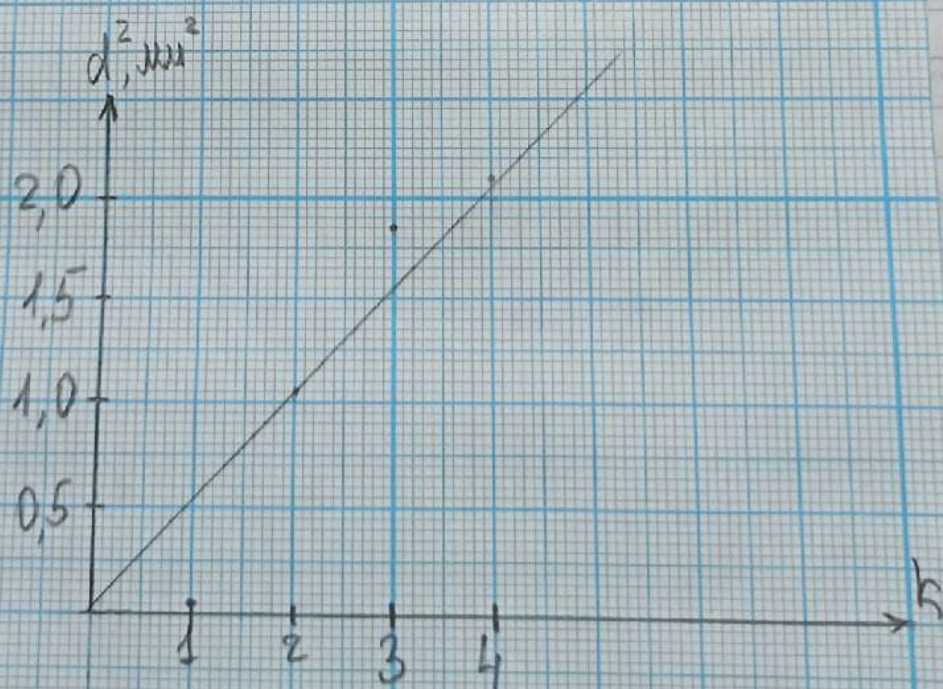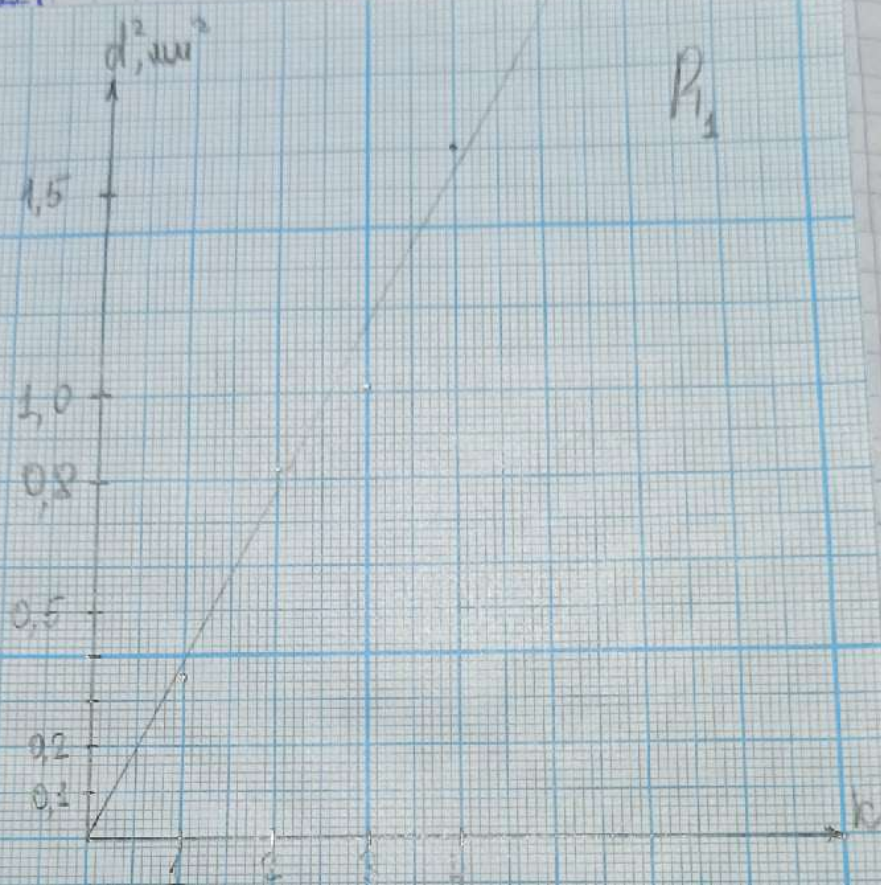2) $d_n^2 = 0,229 \quad n = 4 \quad ; \quad d_m^2 = 0,059 \quad ; \quad m = 1$

$$C_2 = \frac{0,229 - 0,059}{4-1} \approx 0,057 \text{ мм}^2$$

$$R_2 = \frac{1}{\dfrac{1}{R_1} - \dfrac{4\lambda}{C_2}} \approx 62,25 \qquad \Delta R_2 = 1,95$$

P_1

Graph 1: vertical axis d^2, мм^2 with values $1,5$; $1,0$; $0,8$; $0,5$; $0,2$; $0,1$. Horizontal axis k with values 1, 2, 3, 4.

d^2, мм^2

Graph 2: vertical axis d^2, мм^2 with values $2,0$; $1,5$; $1,0$; $0,5$. Horizontal axis k with values 1, 2, 3, 4.

Ответы на контр. вопросы:

1) Кольца Ньютона - полосы равной толщины

Полосы равной толщины полуг. из-за освещения пластинки переменной толщины куском стекла

Полосы равн. наклона полуг. из-за освещ. пластинки постоян. толщины, где лучи имеют разное направление

2) По мере удаления линзы радиусы колец будут уменьшаться

3) Убывает т.к. растёт кривизна ков-ти линзы. Расстояние будет одинаковым, если линзу замен. конусом

4) Длина волны уменьшится

5) В отраженных лучах картинка более контрастна