

Кольца Ньютона

_____, ____ группа

"__" _____ 20__ г.

1 Аннотация

В работе проводится измерение радиусов светлых и темных колец при интерференции света на зазоре между сферической и плоской поверхностями (кольца Ньютона). Из этого находится радиус кривизны сферической поверхности. По периоду биений при освещении сразу двумя линиями находится разность длин волн этих линий.

2 Теоретические сведения

2.1 Кольца Ньютона

Кольца Ньютона - интерференционная картина в виде concentric колец вокруг точки соприкосновения выпуклой линзы и пластины. Картина получается вследствие интерференции волн, отраженных от воздушной прослойки между границей линзы и стеклянной поверхностью.

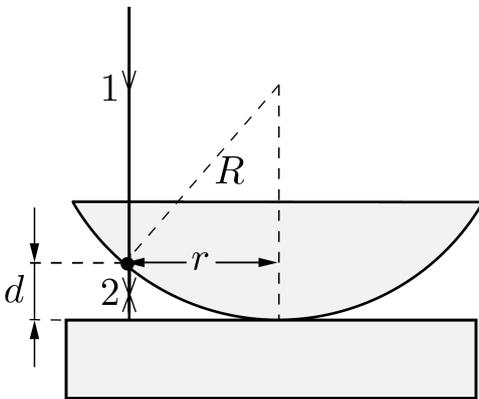


Рис. 1: Схематический ход лучей

Разность хода между интерферирующими лучами $2d + \lambda/2$, где d - толщина воздушного зазора. Считая линзу сферической, из геометрии найдем

$$r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2$$

$$d \approx \frac{r^2}{2R}$$

Оптическая разность хода равна

$$\Delta l = 2d + \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$$

Из условия на интерференционные минимумы и максимумы радиусы светлых и темных полос равны

$$r_m = \sqrt{m\lambda R}$$

$$r'_m = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda R}$$

Найдем также период биений видности картины при наличии линий с длинами волн λ_1 и λ_2 .

Условие максимума видности

$$m\lambda_1 = (m + k)\lambda_2$$

$$m(\lambda_1 - \lambda_2) = k\lambda_2$$

Видно, что если $\Delta\lambda \ll \lambda$, то между двумя соседними максимумами видности укладывается число полос

$$\Delta m = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$$

2.2 Экспериментальная установка

В работе используется установка, изображенная на рисунке 2.

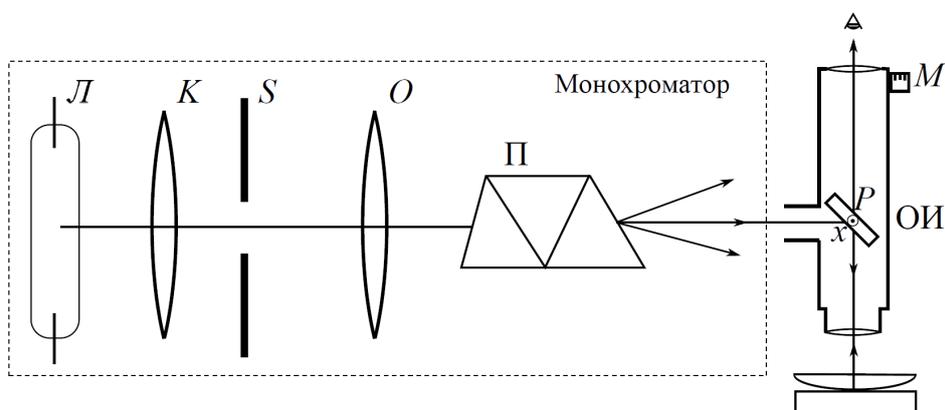


Рис. 2: Схема установки

В качестве источника используется ртутная лампа Л. С помощью монохроматора отделяется одна спектральная компонента ртути. С помощью полупрозрачной пластинки Р внутри микроскопа свет направляется на линзу. Интерференционная картина наблюдается в окуляр микроскопа.

3 Результаты измерений и их обработка

На одно деление микрометрической шкалы приходится 0.909 ± 0.006 мкм.

Настроим установку. С помощью монохроматора выделим зеленую линию ртути $\lambda = 546 \pm 2$ нм. С помощью микрометра измерим радиусы темных и светлых колец r_m и r'_m .

Результаты измерений радиусов в делениях микрометра и в миллиметрах приведены в таблице 1.

m	r_m , дел.	r'_m , дел.	r_m , мм	r'_m , мм
-8	-336	-324	-0.305	-0.295
-7	-314	-298	-0.285	-0.271
-6	-292	-275	-0.265	-0.250
-5	-264	-258	-0.240	-0.235
-4	-247	-233	-0.225	-0.212
-3	-212	-195	-0.193	-0.177
-2	-171	-152	-0.155	-0.138
-1	-126	-90	-0.115	-0.082
0	0		0.000	
1	128	92	0.116	0.084
2	172	151	0.156	0.137
3	209	193	0.190	0.175
4	240	224	0.218	0.204
5	265	252	0.241	0.229
6	289	278	0.263	0.253
7	311	301	0.283	0.274
8	333	322	0.303	0.293

Таблица 1: Радиусы светлых и темных интерференционных колец

Рассчитаем диаметры колец и их квадраты.

m	D_m , мм	D'_m , мм	D_m^2 , мм ²	$D_m'^2$, мм ²
1	0.231	0.165	0.053	0.027
2	0.312	0.275	0.097	0.076
3	0.383	0.353	0.146	0.124
4	0.443	0.415	0.196	0.173
5	0.481	0.464	0.231	0.215
6	0.528	0.503	0.279	0.253
7	0.568	0.545	0.323	0.297
8	0.608	0.587	0.370	0.345

Таблица 2: Диаметры светлых и темных интерференционных колец и их квадраты

Заметим, что

$$D_m^2 = 4m\lambda R$$

$$(D'_m)^2 = 4\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda R$$

Таким образом, радиус m -го светлого кольца равен радиусу $m - \frac{1}{2}$ темного кольца. Поэтому мы можем объединить радиусы темных и светлых колец в одну зависимость:

m	$D_m^2, \text{мм}^2$
0.5	0.027
1.0	0.053
1.5	0.076
2.0	0.097
2.5	0.124
3.0	0.146
3.5	0.173
4.0	0.196
4.5	0.215
5.0	0.231
5.5	0.253
6.0	0.279
6.5	0.297
7.0	0.323
7.5	0.345
8.0	0.370

Таблица 3: Квадраты диаметров светлых и темных колец в зависимости от порядка интерференции

С помощью МНК найдем угловой коэффициент. Он равен

$$4\lambda R = 0.0466 \pm 0.0007 \text{ мм}^2$$

При расчете погрешности был учтен коэффициент Стьюдента $t = 2.13$ (15 степеней свободы, $p = 0.95$).

Отсюда найдем радиус поверхности линзы, считая $\lambda = 546 \pm 2 \text{ нм}$.

$$R = 21.3 \pm 0.3 \text{ мм}$$

Теперь наблюдаем биения при смешении зеленой и желтой линий спектра. Между двумя соседними максимумами видности интерференционной картины наблюдается $\Delta m = 17.0 \pm 1.0$ интерференционных максимумов. Отсюда разность длин зеленой и желтой линий

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{\Delta m} = 32 \pm 2 \text{ нм}$$

Табличное значение $\Delta\lambda = 32.2 \text{ нм}$ в точности совпадает с измеренным.

4 Вывод

Таким образом, с помощью исследования колец Ньютона мы определили радиус кривизны поверхности линзы и нашли разность длин волн желтой и зеленой линий ртути. Измеренное значение разности длин волн совпало с табличным.