

# Лабораторная работа № 4.4.4 - Интерферометр Фабри—Перо

Киркича Андрей, Б01-202, МФТИ

## 1.1 Аннотация

В данной работе проводится измерение диаметров интерференционных колец, определение расстояния между зеркалами и спектральных характеристик для 2 интерферометров, один из которых освещается светом ртутной лампы, второй - светом натриевой.

## 1.2 Теоретическая справка

Интерферометр Фабри—Перо состоит из двух стеклянных или кварцевых пластин с хорошо отполированными поверхностями. На одну поверхность каждой пластины нанесены отражающие свет покрытия. Интерферометр можно рассматривать как плоскопараллельную пластину, в которой происходят многократные отражения и интерференция световых волн (рис. 1.1).

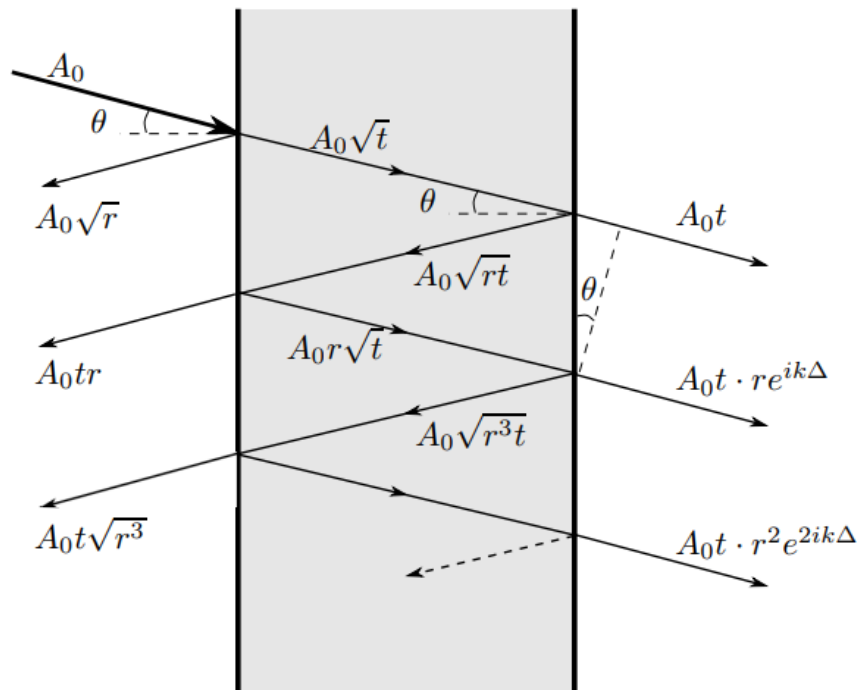


Рис. 1.1: Прохождение волны через интерферометр Фабри—Перо

Найдём условие возникновения интерференционной картины для световой волны с длиной  $\lambda$ . Выразим разность хода двух интерферирующих волн, падающих на интерферометр под углом  $\theta$ :

$$\delta = 2L \cos \theta,$$

где через  $\delta$  обозначена разность хода двух волн, а через  $L$  – база интерферометра. Отсюда условие максимума интенсивности интерферирующих волн:

$$2L \cos \theta_m = m\lambda.$$

Оно же является условием резонанса, при выполнении которого интерферометр просветляется для данной длины волны  $\lambda$ .

Для малых углов и больших порядков спектра угловая дисперсия определяется соотношением:

$$D = \frac{d\theta}{d\lambda} = -\frac{m}{2m \sin \theta_m} \approx -\frac{1}{\lambda \theta_m}.$$

Разрешающая способность для порядка спектра  $m \approx \frac{2L}{\lambda}$ :

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{\pi\sqrt{r}m}{(1-r)}$$

## 1.3 Оборудование и инструментальные погрешности

Экспериментальная установка, применяемая в данном опыте, я схематически изображена на рис. 1.2. Свет от лампы, пройдя через линзу и светофильтр, попадает на интерферометр Фабри—Перо. Линза  $L_0$  служит для формирования пучка лучей (слегка сходящегося или слегка расходящегося). Интерференционные кольца наблюдаются в фокальной плоскости линзы  $L$  через зрительную трубу, сфокусированную на фокальную плоскость. Диаметры колец измеряются с помощью микроскопа катетометра.

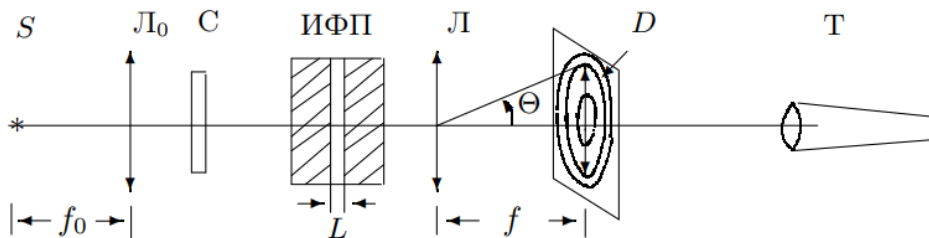


Рис. 1.2: Схема экспериментальной установки

**Интерферометр Фабри—Перо:**  $L = 0,1$  мм

**Линзы:**  $f = 110$  мм

**Катетометр:**  $\Delta = \pm 0,001$  мм

## 1.4 Результаты измерений и обработка данных

### 1.4.1 Ртутная лампа

**Зелёный светофильтр** Измерим координаты колец (табл. 1.1). Погрешность соответствует погрешности катетометра.

$n$	$a_{\text{низ}}, \text{ мм}$	$a_{\text{верх}}, \text{ мм}$	$d, \text{ мм}$
1	173,993	184,497	10,504
2	169,537	188,646	19,109
3	166,659	191,212	24,553
4	164,518	193,389	28,871
5	162,815	195,521	32,706

Таблица 1.1: Координаты колец для зелёного светофильтра

По ней построим график  $d^2(n)$  на рис. 1.3.

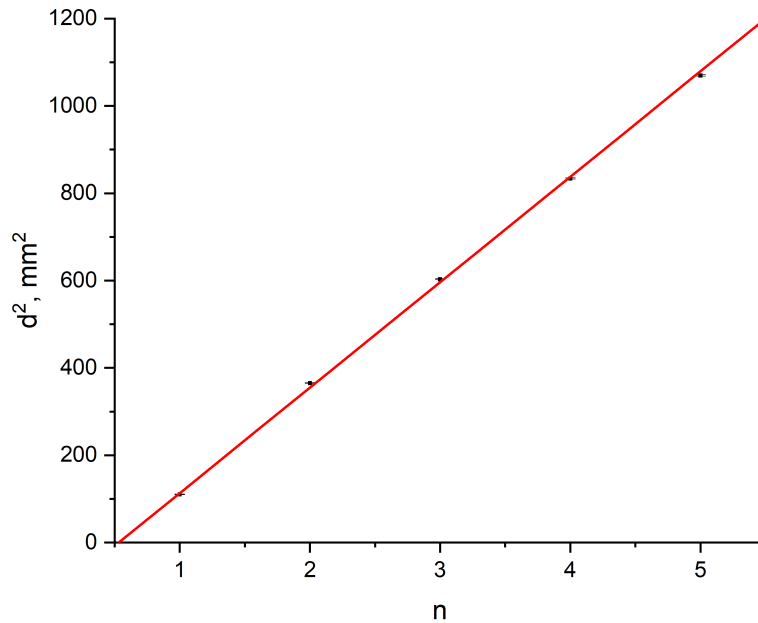


Рис. 1.3: График  $d^2(n)$  - зависимость квадрата диаметра кольца от его номера

Погрешности, полученные через косвенные измерения из инструментальных, малы (составляют порядка 1%), поэтому далее будем ими пренебрегать.

По углу наклона  $k = 239 \pm 2$  найдём базу интерферометра:

$$L = \frac{4f^2\lambda}{k} = 0,111 \pm 0,003 \text{ мм},$$

что неплохо согласуется с фактическим значением.

**Жёлтый светофильтр** Для жёлтого компонента спектра ртути замерили координаты 3 пар колец. Результаты в табл. 1.2. По этим данным построим график на рис 1.4.

$n$	$1/\Delta D, 1/\text{мм}$	$\overline{D}, \text{ мм}$
1	0,469	16,839
2	0,694	23,576
3	0,963	28,461

Таблица 1.2: Обратная разница диаметров пар колец и их среднее значение

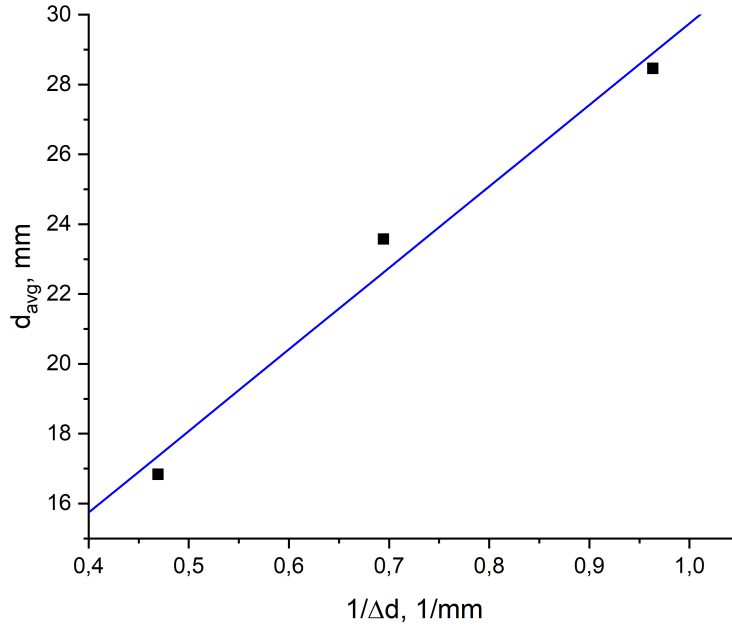


Рис. 1.4: График зависимости  $\bar{d}(\frac{1}{\Delta d})$  - среднего диаметра пары колец от разницы между ними

Из графика найдём  $k = 23 \pm 2 \text{ мм}^2$ , далее  $\Delta\lambda$  – разность длин волн жёлтой пары ртути.

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda \bar{d} \Delta d}{4f^2} = \frac{\lambda k}{4f^2} = (2,8 \pm 0,2) \text{ Å}$$

Здесь погрешность получена из относительной погрешности  $k$ .

Оценим максимальный порядок интерференции  $m$  для желтой линии ртути:

$$m = \frac{2L \cos \theta}{\lambda} \approx \frac{2L}{\lambda} = 365$$

Кроме того, оценим дисперсионную область:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2L} = 14 \text{ Å}$$

Найдём разрешающую способность прибора:

$$R = \frac{4f^2}{D\delta r} = 9900 \pm 100$$

Отсюда число интерферирующих лучей:

$$N = \frac{Q}{m} = 22$$

Найдём добротность:

$$Q = \frac{2\pi L}{\lambda(1-r)} = 7600 \pm 300$$

при  $r = 0,85$ .

Тогда число интерферирующих лучей через добротность:

$$N = \frac{Q}{m} = 21.$$

Оценим линейную дисперсию интерферометра для ртути:

$$D_{\text{эксп}}^* = \frac{\Delta d}{2\Delta\lambda} = 0,54 \pm 0,08 \text{ мм} \quad D_{\text{теор}}^* = \frac{2f^2}{\lambda d} = 0,44 \text{ мм}.$$

### 1.4.2 Натриевая лампа

Аналогично, построим графики  $D^2(n)$  и  $\overline{D}(1/\Delta D)$  на рис. 1.5 и рис. 1.6 соответственно ( $k_1 = 132,8 \pm 0,1 \text{ мм}^2$ ,  $k_2 = 30 \pm 1 \text{ мм}^2$ ).

n	$D^2, \text{мм}^2$	$\overline{D}, \text{мм}$	$1/\Delta D, 1/\text{мм}$
1	31,730	7,682	0,244
2	166,435	14,002	0,453
3	298,425	18,123	0,5896
4	430,977	21,465	0,709
5	564,062	24,355	0,825
6	696,379	26,979	0,846

Таблица 1.3: Квадрат диаметров одной из пар колец, среднее значение диаметров пар колец, обратная разница между ними

Так же найдём базу интерферометра:

$$L = 0,157 \pm 0,004 \text{ мм}.$$

Найдём разность длин волн:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda k}{4f^2} = 5,1 \pm 0,2 \text{ Å}.$$

Аналогично ртутной лампе:

$$R = 14300 \pm 100$$

$$m = 531$$

$$\Delta\lambda = 11 \text{ Å}.$$

$$N = 27$$

## 1.5 Выводы

Полученные результаты подтверждают, что ИФП - прибор с высокой разрешающей способностью, но можно наблюдать лишь узкий спектр длин волн. Найденные характеристики хорошо показывают себя как спектральные. Рассчитанные базы совпадают по порядку с действительностью.

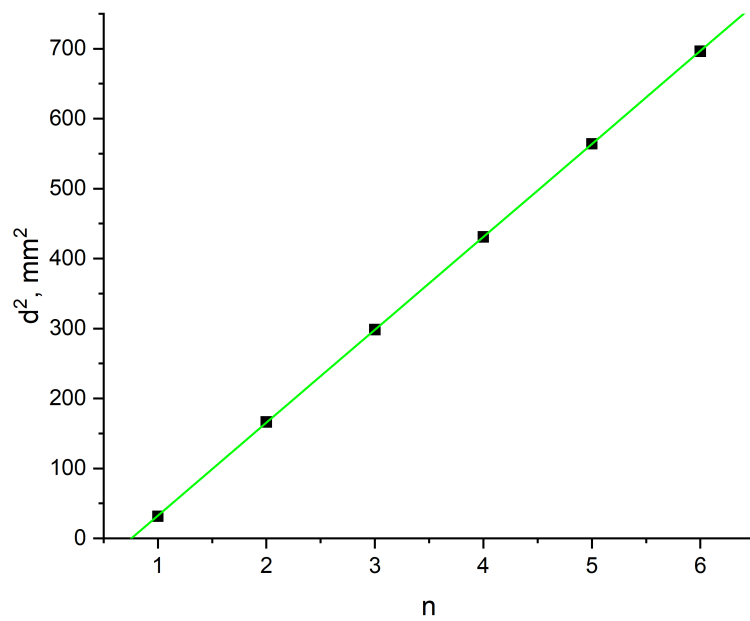


Рис. 1.5: График зависимости  $d^2(n)$

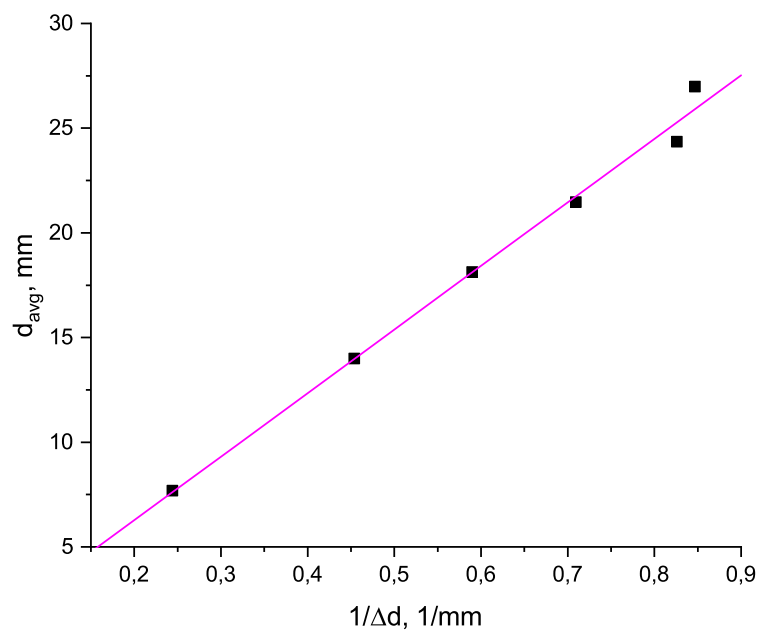


Рис. 1.6: График зависимости  $\bar{d}(1/\Delta d)$