

## Работа 4.2.3

### Интерферометер Релея

Работу выполнил Матренин Василий Б01-006

**Цель работы:** ознакомление с устройством и принципом действия интерферометра Релея и с его применением для измерения показателей преломления газов.

**В работе используются:** технический интерферометр ИТР-16 светофильтр, баллон с углекислым газом, сильфон, манометр, краны.

## 1 Схема установки

Интерферометр Релея — прибор для измерения разности показателей преломления — основан на явлении дифракции света на двух параллельных щелях. Схема установки представлена на рисунке 1 в вертикальной и горизонтальных проекциях.

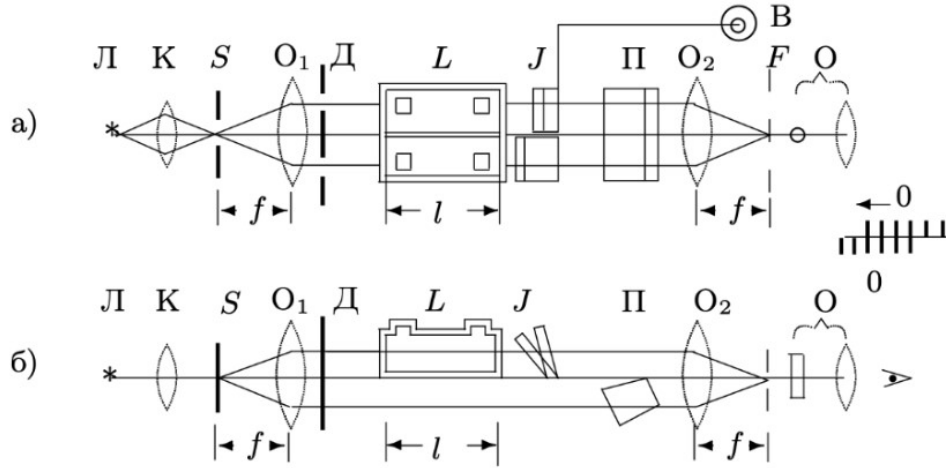


Рис 1. Схема установки: а) вид сверху; б) вид сбоку

## 2 Теория

Формула для расчета изменения  $n$ :

$$\Delta n = \frac{\Delta}{l} = m \frac{\lambda}{l} \quad (1)$$

Показатель преломления исследуемого газа определяется путем сравнения с воздухом:

$$n = n_{\text{возд}} + \frac{\Delta}{l} \quad (2)$$

Зависимость показателя преломления газа от давления и температуры:

$$n = \sqrt{\epsilon} = \sqrt{1 + 4\pi N\alpha} \approx 1 + 2\pi N\alpha \quad (3)$$

С учетом соотношения  $P = NkT$ , получим:

$$n - 1 = \frac{2\pi\alpha}{kT} P \quad (4)$$

Тогда при постоянной температуре:

$$\Delta n = \frac{2\pi\alpha}{kT} \Delta P \quad (5)$$

Тогда связь для  $n$  и  $n_0$ :

$$\frac{n_0 - 1}{n - 1} = \frac{TP_0}{T_0P} \quad (6)$$

### 3 Ход работы

Средняя длина волны пропускания компенсатора:  $\lambda = 670$  нм;

Длина кюветы:  $L = 25$  см.

#### 3.1 Калибровка компенсатора

Откалибровал компенсатор с использованием светофильтра 6200-7200. Данные представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

m	z, мм	m	z, мм
-10	-0,97	1	2,81
-9	-0,66	2	3,19
-8	-0,35	3	3,53
-7	0,02	4	3,85
-6	0,36	5	4,22
-5	0,67	6	4,58
-4	1,07	7	4,91
-3	1,4	8	5,30
-2	1,75	9	5,66
-1	2,1	10	6,04

По МНК посчитал коэф-т пропорциональности из соотношения:  $m = \tau z + b$ . График зависимости представлен на Рисунке 2.

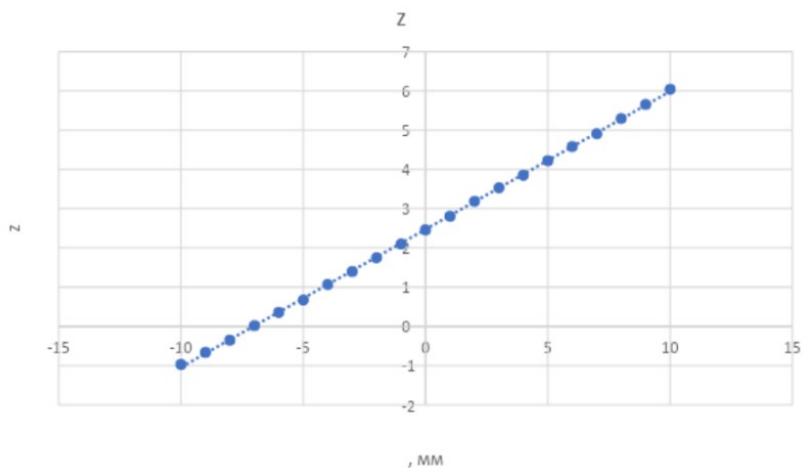


Рис 2.  $m(z)$

Получил:  $\tau = 2,87 \pm 0,02 \text{ мм}^{-1}$

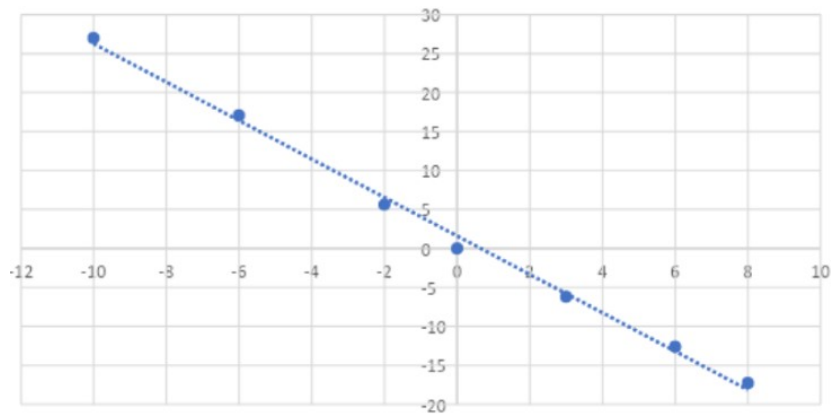
#### 3.2 Зависимость показателя преломления от давления

Изменяя давление с помощью сильфона и совмещая нулевые полосы получил зависимость  $n(P)$ . При этом:  $\Delta n = \tau (z - z(0)) \frac{\lambda}{L}$ . Данные представлены в Таблице 2.

Таблица 2.

$\Delta P$ , мм рт. с.	$\Delta P$ , Па	z, мм	$\Delta n, 10^{-6}$
-1000	-10000	6,21	27,00
-600	-6000	4,77	17,09
-200	-2000	3,22	5,64
0	0	2,46	0,00
300	3000	1,65	-6,18
600	6000	0,81	-12,59
800	8000	0,23	-17,24

Зависимость представлена на Рисунке 3.

Рис 3.  $\Delta n(z)$ 

Рассчитал коэф-т пропорциональности  $\alpha = \frac{kT}{2\pi} \cdot k_{\text{граф}} = 1,59 \pm 0,03 \cdot 10^{-30} \text{ м}^{-3}$ ;

Тогда:  $n = 1 + \frac{2\pi\alpha}{kT} P = 1,00025 \pm 0,00001$ .

Что совпадает с табличным значением в 1,00027.

### 3.3 Зависимость показателя преломления CO2 от времени

Снял зависимость равновесного положения от времени, поминутно совмещая нулевые полосы. Оценил время установления равновесия. Данные представлены в Таблице 3.

Таблица 3.

$\Delta$ , мин	z, мм	$n_{\text{газа}}$	$\Delta$ , мин	z, мм	$n_{\text{газа}}$
1	28,42	1,000467	10	13,32	1,000352
2	24,57	1,000438	11	12,89	1,000349
3	22,14	1,000419	12	12,12	1,000344
4	19,49	1,000399	13	11,86	1,000341
5	17,18	1,000381	14	11,35	1,000337
6	15,95	1,000372	15	11,17	1,000336
7	15,25	1,000367	16	10,94	1,000335
8	14,63	1,000362	17	10,85	1,000334
9	13,64	1,000355	18	10,76	1,000333

Зависимость представлена на Рисунке 4.

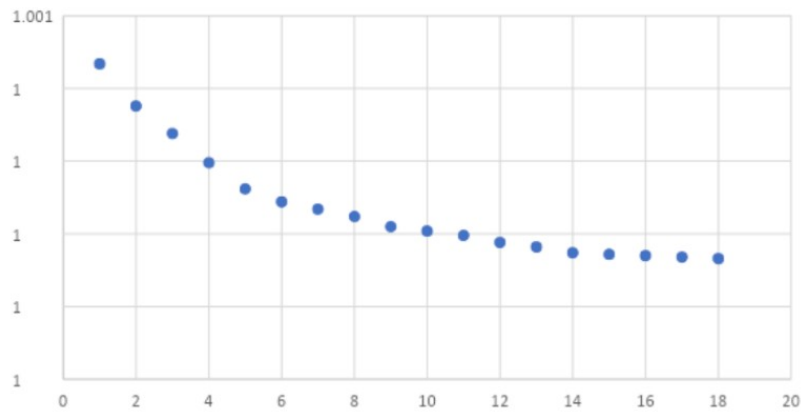


Рис 4.  $n_{\text{газа}}(\Delta T)$

Время установления:  $\Delta T = 18$  мин;

$$n_{CO_2} = 1,00046 \pm 0,00001.$$

Что совпадает с табличным значением в 1,00045.

### 3.4 Интервал $\Delta n$ , доступный для измерения

Оценю интервал  $\Delta n$ , доступный для измерения:

$$\Delta n_{\min} = m_{\min} \frac{\lambda}{L} = 1 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta n_{\max} = m_{\max} \frac{\lambda}{L} = 25 \cdot 10^{-6}$$

## 4 Вывод

В ходе данной работы интерферометр Релея был применен для вычисления показателей преломления воздуха и CO<sub>2</sub>. Полученные значения совпали с табличными с хорошей точностью.