
Московский Физико-Технический Институт
(государственный университет)

Лабораторная работа по курсу общей физики № 4.2.3

Интерферометр Релея

Автор:

Лепарский Роман Б01-003



Долгопрудный, 2022

1 Аннотация

Цель работы: ознакомление с интерференцией на двух щелях, устройством и принципом действия интерферометра Релея и с его применением для измерения показателей преломления газов.

Приборы и материалы: технический интерферометр ИТР-1, светофильтр, баллон с углекислым газом, сильфон, манометр, краны.

2 Теоретические сведения

2.1 Зависимость показателя преломления газа от давления

Воспользуемся известной формулой диэлектрической проницаемости ε для газа невзаимодействующих диполей:

$$\varepsilon = n^2 = 1 + 4\pi N\alpha$$

Тогда для связи разности показателей преломления δn и давлений δP имеем

$$\delta n = \frac{\alpha}{2k_B T} \delta P$$

3 Экспериментальная установка

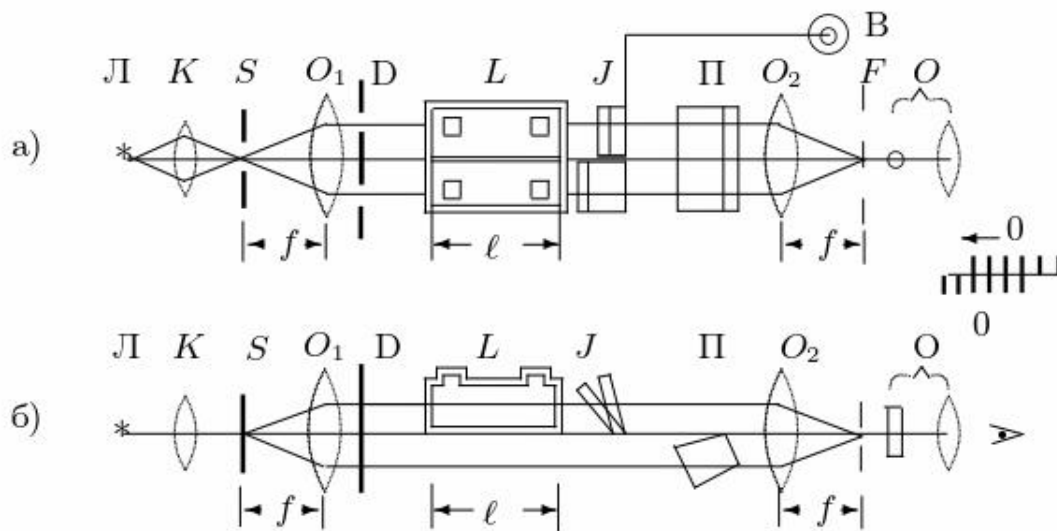


Рис. 1: Интерферометр Релея

Свет от источника, прошедший через тонкую щель S , разделяется на 2 когерентных луча. Нижняя их часть беспрепятственно проходит до линзы O_2 и образует в её фокальной плоскости неподвижную интерференционную картину. Верхняя же часть проходит через кювету, содержимое которой имеет другой показатель преломления, а затем через компенсатор Жамена, что позволяет подстроить интерференционную картину.

При малых дифракционных углах расстояние между соседними максимумами δy зависит от длины волны λ , фокусного расстояния линзы O_2 - f и расстояния между щелями d следующим образом:

$$\delta y = f \frac{\lambda}{d}$$

При заполнении кюветы газом, с отличным от воздуха при атмосферном давлении показателем преломления, возникает дополнительная разность хода. Смещение верхней интерференционной картины относительно нижней на одну полосу означает изменение разности хода на λ . Таким образом

$$\delta n = m \frac{\lambda}{L}$$

Или в более общем виде

$$n = n_{\text{возд}} + \frac{\Delta}{L}$$

4 Обработка результатов

4.1 Калибровка компенсатора Жамена

Запишем в таблицу данные установки:

T , К	P , кПа	l , см	λ , нм
295	99,3	25	670 ± 50

Данные для построения калибровочного графика:

m , ед	Δ , дел
-7	0,05
-6	0,41
-5	0,76
-4	1,09
-3	1,45
-2	1,84
-1	2,16
0	2,5
1	2,86
2	3,21
3	3,56
4	3,92
5	4,27
6	4,6
7	4,95

Построим калибровочный график

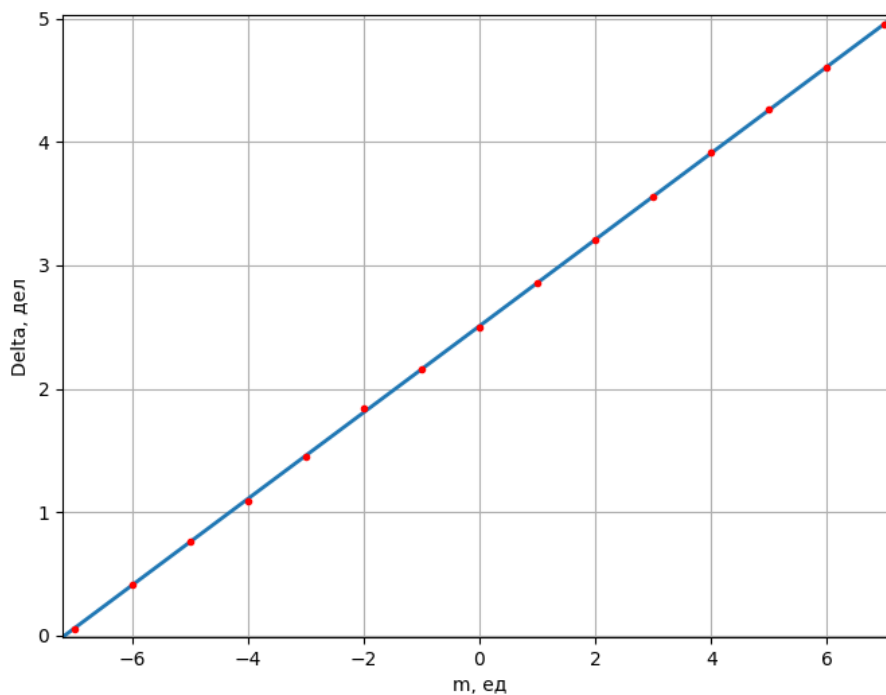


Рис. 2: Калибровочный график

Обратный коэффициент наклона $k = 2.855 \pm 0,004 \lambda/\text{дел}$.

4.2 Зависимость показателя преломления от давления воздуха

Найдем зависимость показателя преломления δn от разности давлений δP . Запишем результаты измерений в таблицу

δP , mmH ₂ O	δP , Па	Δ , дел	$\delta n \cdot 10^{-6}$
-1000	-9800	6,22	28,46
-900	-8800	5,74	24,79
-800	-7800	5,35	21,80
-700	-6800	5,03	19,35
-600	-5800	4,66	16,52
-500	-4900	4,28	13,61
-400	-3900	3,91	10,78
-300	-2900	3,57	8,18
-200	-1900	3,17	5,12
-100	-900	2,83	2,52
0	0	2,5	0
100	900	1,83	-5,12
200	1900	1,5	-7,65
300	2900	1,19	-10,02
400	3900	0,87	-12,47
500	4900	0,6	-14,53
600	5800	0,19	-17,67
700	6800	-0,23	-20,88

Отложим измерения на графике

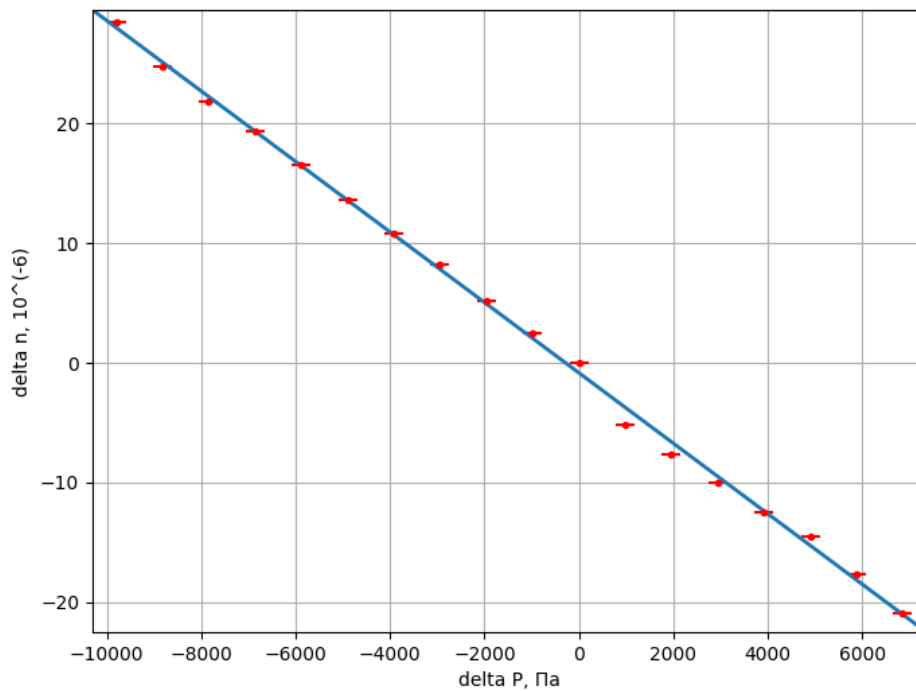


Рис. 3: Зависимость $\delta n(\delta P)$

Коэффициент наклона $b = (-239 \pm 2) \cdot 10^{-11}$ 1/Па. Откуда средняя поляризуемость $\alpha = (1,946 \pm 0,016) \cdot 10^{-30}$. Табличное значение $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-30}$.

Отсюда показатель преломления в условиях эксперимента

$$n = 1,00002372 \pm 0,00000019$$

И в нормальных условиях

$$n_0 = 1,0000260 \pm 0,0000002$$

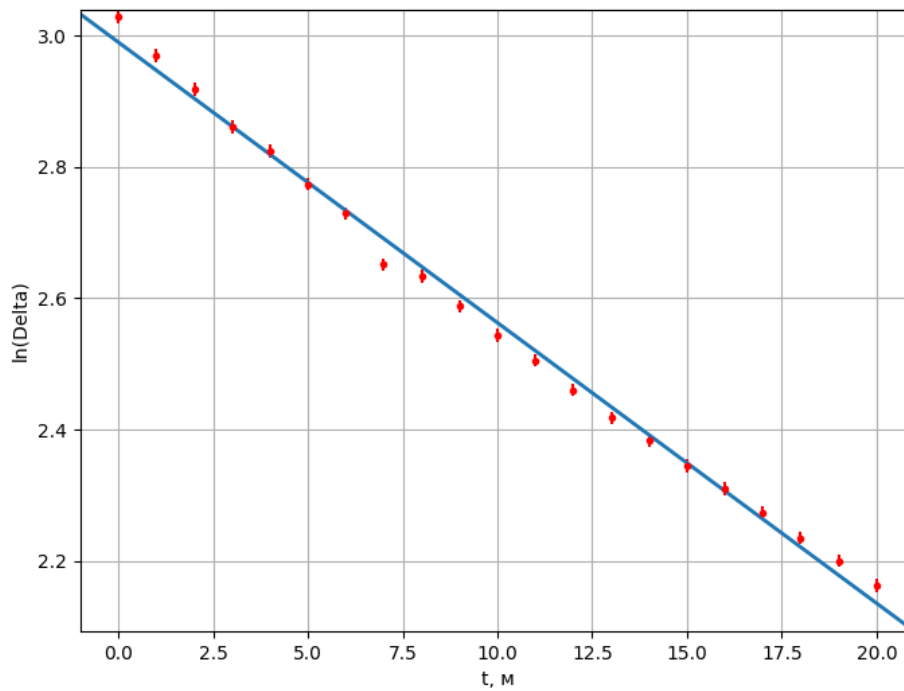
Табличное значение $n_0 = 1,0002926$

4.3 Зависимость показателя преломления от концентрации CO₂

Запишем в таблицу отклонение компенсатора Жамена в зависимости от времени. И пересчитаем его в разность показателей преломления.

$t, \text{ м}$	$\Delta, \text{ дел}$	$\ln \Delta$
0	20,68	3,0291
1	19,47	2,9688
2	18,52	2,9188
3	17,48	2,8610
4	16,84	2,8237
5	16,02	2,7738
6	15,32	2,7291
7	14,17	2,6511
8	13,93	2,6340
9	13,30	2,5877
10	12,73	2,5439
11	12,25	2,5055
12	11,71	2,4604
13	11,22	2,4176
14	10,85	2,3841
15	10,44	2,3456
16	10,08	2,3105
17	9,72	2,2741
18	9,35	2,2353
19	9,03	2,2005
20	8,70	2,1633

Построим график данной зависимости в логарифмическом масштабе.



Поскольку график практически линейный, можно говорить об экспоненциальном характере зависимости.

Пользуясь нулевым измерением, найдем коэффициент преломления углекислого газа.
 $n_{CO_2} = n + \frac{\Delta}{L} = 1,0001836 \pm 0,0000004$. И при пересчете к нормальным условиям

$$n_{CO_{2_0}} = 1,0002017 \pm 0,0000005$$

Табличное значение данной величины: 1,000450

5 Вывод

В данной работе мы ознакомились с устройством и принципом действия интерферометра Релея. А так же нашли коэффициенты преломления воздуха и углекислого газа в условиях эксперимента и в нормальных условиях.