

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №90

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ГАЗОВ
ОТ ДАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГАЗОВОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №90

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ГАЗОВ ОТ ДАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГАЗОВОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА

Цель работы – ознакомиться с принципом работы газового интерферометра и исследовать зависимость показателя преломления газов от давления при комнатной температуре.

Приборы и принадлежности: газовый интерферометр, насос, водяной манометр, стеклянный баллон.

Описание экспериментальной установки

Основным элементом установки является газовый интерферометр, один из

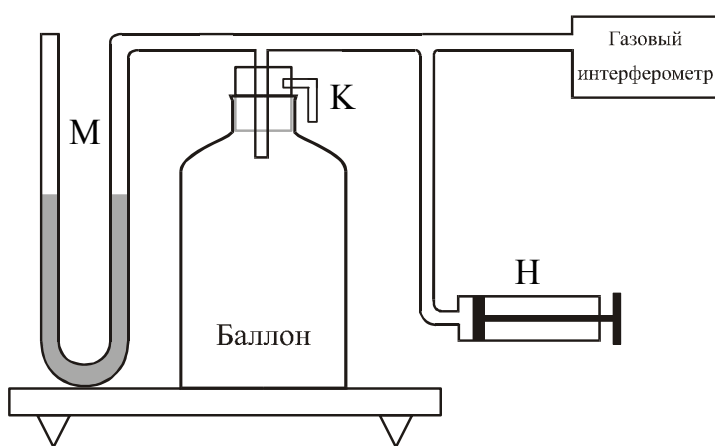


Рисунок 1

каналов которого резиновым шлангом соединён со стеклянным баллоном (рис. 1). Избыточное давление в баллоне создается насосом Н и измеряется U-образным водяным манометром М. Клапан К служит для уменьшения избыточного давления в системе.

Общие положения

Абсолютным показателем преломления называется величина, численно равная отношению

$$n = \frac{c}{v}, \quad (1)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме, v – скорость света в данной среде.

Относительным показателем преломления двух сред n_{21} называется отношение абсолютных показателей преломления двух сред:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (2)$$

Показатель преломления является одной из важнейших характеристик газа. По изменению показателя преломления можно судить об изменении плотности газа, концентрации примесей, влажности и т.д.

Зависимость показателя преломления от давления устанавливается в молекулярной оптике и имеет вид:

$$n - 1 = k p, \quad (3)$$

где p – давление газа;

k – постоянная величина, зависящая от природы газа и температуры.

Из формулы (3) следует, что при постоянной температуре изменение показателя преломления Δn линейно зависит от изменения давления Δp :

$$\Delta n = k \Delta p. \quad (4)$$

Трудность измерения показателя преломления газов состоит в том, что он мало отличается от единицы, а его изменение Δn мало отличается от нуля, поэтому для газов не годятся методы измерения показателя преломления, применяемые для твердых и жидких тел (например, основанные на законе преломления света).

Для исследования зависимости показателя преломления воздуха от давления в данной работе применяется точный оптический метод, основанный на явлении

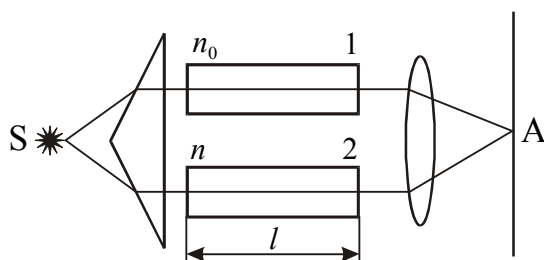


Рисунок 2

интерференции света и осуществляемый с помощью шахтного интерферометра, оптическая схема которого приведена на рис. 2.

Интерференцией света называется явление наложения когерентных волн, в результате которого происходит перераспределение энергии волнового поля, и возникают интерференционные максимумы и минимумы.

Когерентными называются волны, имеющие одинаковую частоту и постоянную (во времени) разность фаз. Колебания должны происходить в одной плоскости. Когерентные волны можно получить, разделив (с помощью отражений или преломлений) волну, излучаемую одним источником, на две части. Если заставить эти две волны пройти разные оптические пути, а потом наложить их друг на друга, то будет наблюдаться их интерференция.

Если свет монохроматический (одной строго определенной длины волны), то интерференционная картина представляет чередование темных и светлых параллельных полос (интерференционных минимумов и максимумов).

В точке А (рис. 2) наблюдается максимум интенсивности, если оптическая разность хода Δ удовлетворяет условию:

$$\Delta = 2m \frac{\lambda}{2}, \quad (5)$$

где $m = 0, 1, 2, \dots$ – порядок интерференционного максимума.

В точке А (рис. 2) будет минимум интенсивности, если

$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}. \quad (6)$$

где $m = 0, 1, 2, 3 \dots$ – порядок интерференционного минимума.

В газовом интерферометре используют белый свет, представляющий собой непрерывный набор волн различной длины от 0,40 мкм (фиолетовая граница спектра) до 0,76 мкм (красная граница спектра), поэтому интерференционные максимумы для каждой длины волны будут, согласно формуле (5), смещены относительно друг друга, и иметь вид радужных полос. Только для $m=0$ максимумы всех длин волн совпадают, и в середине экрана будет наблюдаться ахроматическая (неокрашенная) полоса, по обе стороны которой симметрично расположатся спектрально окрашенные полосы максимумов первого, второго порядков и т.д.

Если каналы 1 и 2 наполнены воздухом при одинаковом давлении и температуре, то центральная ахроматическая полоса будет расположена на делении «0» интерферометра. Если в канале 2 изменить давление, то показатель преломления воздуха тоже изменится. Это, в свою очередь, изменяет разность хода интерферирующих лучей. В результате интерференционная картина смещается. Из-за особенностей устройства прибора луч через каналы интерферометра проходит дважды. С учётом этого можно записать выражение для оптической разности хода:

$$\Delta = 2(nl - n_0l),$$

или

$$\Delta = 2l\Delta n, \quad (6)$$

где l – длина газовой камеры, n – показатель преломления воздуха в канале 2 при изменившемся давлении, n_0 – показатель преломления воздуха в канале 1 при атмосферном давлении.

Для вычисления изменения показателя преломления Δn надо найти оптическую разность хода лучей Δ . Пусть N_1 – количество делений, на которое смещается шкала отсчётного механизма при смещении интерференционной картины на одну полосу. Так как соседние полосы интерференционной картины образуются при разности хода лучей, равной одной длине волны λ , то одному делению шкалы соответствует разность хода λ/N_1 .

При произвольном давлении в канале 2 интерференционная картина смещается на N полос. Следовательно,

$$\Delta = \frac{\lambda}{N_1} N. \quad (7)$$

Подставим соотношение (7) в выражение (6) и найдем отсюда изменение показателя преломления:

$$\Delta n = \frac{\lambda N}{2N_1 l}. \quad (8)$$

Длина волны света в средней части видимого спектра $\lambda = 0,6$ мкм, длина газового канала $l = 0,1$ м.

Используя формулу (8), можно рассчитать изменение показателя преломления воздуха при разных значениях давления.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать изменение показателя преломления воздуха. Поясните смысл обозначений.
4. Какой график необходимо построить по результатам работы? Нарисуйте схематически ожидаемый вид графика. Запишите формулу, которая описывает эту зависимость.

Выполнение работы

1. Перед выполнением работы ознакомьтесь с расположением отсчётного механизма, окуляра, кнопки выключателя осветительной системы.
2. Подсоединить насос.
3. Подключить интерферометр к источнику питания.
4. Установить на нуль разность уровней манометра при помощи насоса.
5. Нажать кнопку выключателя осветительной системы и, смотря в окуляр, вращением оправы окуляра получить чёткое изображение измерительной шкалы.
6. Вращая ручку отсчётного механизма, установить левый край ахроматической полосы (левая темная интерференционная полоса) на 0 измерительной шкалы (рис. 3).

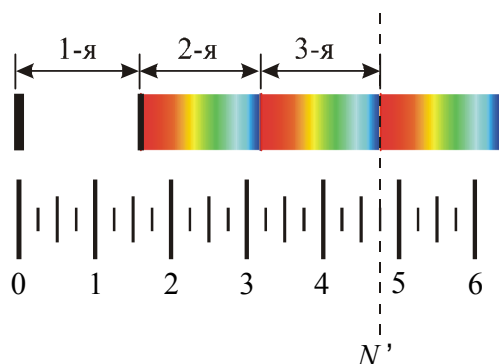


Рисунок 3

7. Определить N_1 – число делений, которое приходится на одну интерференционную полосу. Интерференционной полосой называется расстояние между соседними минимумами. По шкале определить число делений N' , приходящихся на три интерференционные полосы (см. рис. 3). Рассчитать N_1 :

$$N_1 = \frac{N'}{3}.$$

8. Осторожно накачать насосом воздух в баллон так, чтобы разность уровней воды в коленах манометра Δh была равна 2 см. Записать в таблицу значения уровней h_1 и h_2 воды, а также разность уровней Δh .
9. При увеличении давления левая темная интерференционная полоса смещается вдоль измерительной шкалы вправо от нулевого деления до значения N . Это значение занести в таблицу.

10. Повторить измерения согласно п. 8, 9 десять–двенадцать раз, каждый раз увеличивая Δh на 2 см (в каждом колене манометра высота столба воды изменится на 1 см).

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать избыточное давление Δp в баллоне по формуле: $\Delta p = \rho g \Delta h$, где ρ – плотность воды, g – ускорение свободного падения.
2. Рассчитать изменение показателя преломления Δn по формуле (8).
3. Построить график зависимости изменения показателя преломления воздуха от избыточного давления $\Delta n = f(\Delta p)$.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое явление лежит в основе работы интерферометра? В чём заключается это явление?
2. Какая величина называется абсолютным показателем преломления? Как показатель преломления газа зависит от давления?
3. Каково назначение интерферометра? Изобразите принципиальную оптическую схему газового интерферометра.
4. Почему при изменении давления в одном из каналов интерферометра происходит смещение интерференционной картины?
5. Сравните экспериментально полученный график зависимости изменения показателя преломления воздуха от избыточного давления $\Delta n = f(\Delta p)$ с теоретической зависимостью. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 90

Выполнил(а) _____

Группа _____

Длина волны света в средней части видимого спектра $\lambda =$ _____Длина газового канала $l =$ _____Число делений, приходящихся на три интерференционные полосы $N' =$ _____Число делений, приходящихся на одну интерференционную полосу $N_1 =$ _____

№ п/п	$h_1,$ см	$h_2,$ см	$\Delta h,$ см	$\Delta p,$ Па	N	$\Delta n,$ 10^{-6}
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Дата _____

Подпись преподавателя _____