

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ СПЕЦПРАКТИКУМ

Работа №

ГРАДУИРОВКА ИНТЕРФЕРОМЕТРА ИТР-1

1. Цель работы: Закрепление лекционного материала по методам измерения концентраций: ознакомление с устройством и освоение работы с интерферометром ИТР-1; проведение градуировки интерферометра и построение графика с расчетом градуировочной зависимости по методу наименьших квадратов, анализ смеси газов на интерферометре ИТР-1.

2. Краткая теория метода

Интерферометр ИТР-1 предназначен для определения концентрации жидких и газовых смесей по разности показателей преломления между эталонными и исследуемыми газами. Применение интерферометра для анализа возможно для двухкомпонентных систем, а для многокомпонентных ограничивается случаями постоянства всех компонентов, кроме одного. Для анализа мутных и окрашенных сред интерферометр непригоден.

В комплекте прибора имеется набор газовых кювет размером от 100мм до 1000мм. Шкала измерительного механизма разделена на 3000 деления. В зависимости от длины кюветы меняется диапазон измерений разности показателей преломления между исследуемым и эталонным веществом. Соответственно, меняется чувствительность прибора – разность показателей преломления, отнесенная к одному делению шкалы. В качестве источника света применяется электролампа 8 В, 0,4А. Питание прибора производится от сети переменного тока через понижающий трансформатор. Увеличение окуляра Г - $150\times$. Принцип действия ИТР-1 основан на явлении дифракции от двойной щели. Принципиальная схема интерферометра приведена на рис. 1.

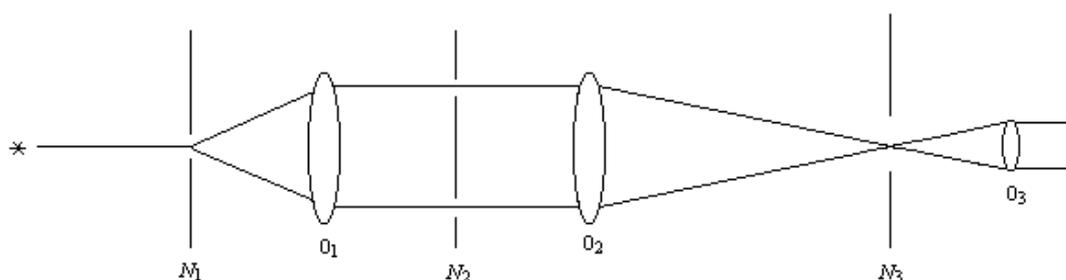


Рис.1

Параллельный пучок лучей, вышедший из коллиматора, состоящего из объектива O_1 и узкой щели N_1 проходит через диафрагму с двумя отверстиями и собирается в фокальной плоскости N_3 объектива O_2 зрительной трубы. Вследствие дифракции света на отверстиях диафрагмы N_2 в плоскости N_3 создается система интерференционных полос, которая наблюдается с помощью сильного окуляра O_1 . На пути лучей между объективами O_1 и O_2 против отверстий диафрагмы N_2 ставится двухкамерная кювета, камеры которой наполняются эталонным и испытуемым газами. Различие показателей преломления испытуемого и эталонного газов приводит к смещению наблюдаемой в

окуляре интерференционной картины. Измеряя величину этого смещения, определяют разность показателей преломления газов. Связь между разностью показателей преломления, длиной кюветы и величиной смещения интерференционной картины дается формулой:

$$(n - n_0) L = \lambda h \quad (1)$$

где n - показатель преломления испытуемого газа,

n_0 - показатель преломления эталонного газа сравнения,

L - длина кюветы,

h - величина смещения интерференционной картины.

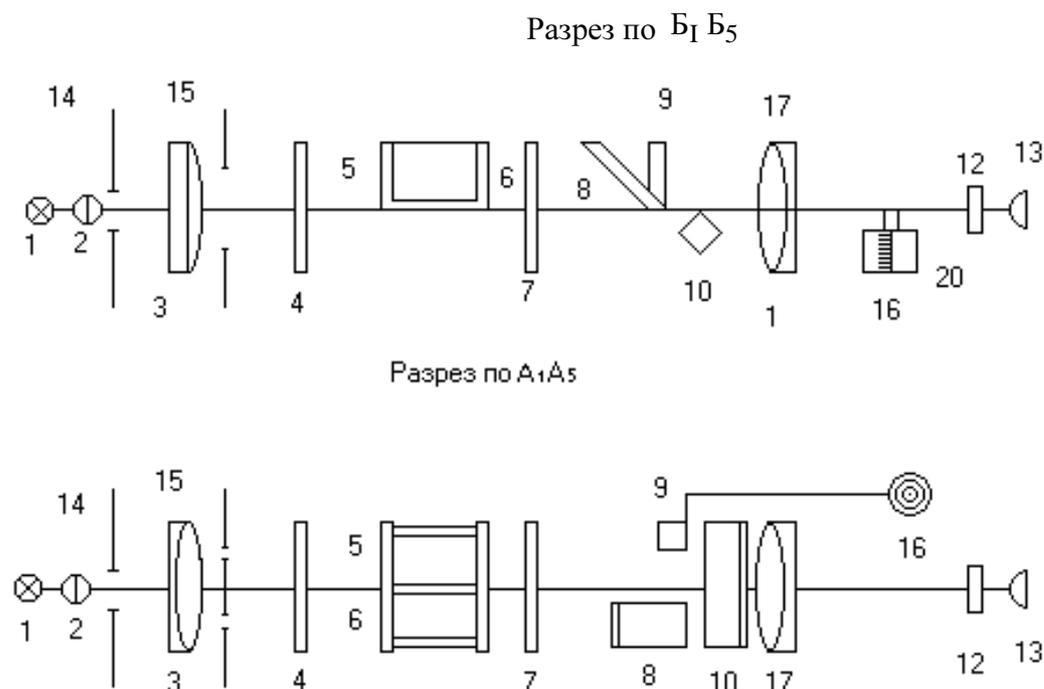


Рис.2

Пучок лучей, идущий от источника света 1, освещает узкую щель 14, расположенную в фокальной плоскости объектива 3. По выходе из объектива свет идет параллельным пучком. От двойной щели 15, помещенной на пути параллельного пучка, в фокальной плоскости зрительной трубы образуются интерференционные полосы. Зрительная труба состоит из объектива 17 и цилиндрического окуляра 12 с глазной линзой 13. Окуляр представляет собой цилиндр из оптического стекла диаметром 2,2 мм. Изображение светящейся точки при рассматривании через такой окуляр имеет вид светлой вертикальной линии, длина которой определяется диаметром объектива. В каждой точке этой линии соединены лучи, проходящие через определенное горизонтальное сечение объектива.

Исследуемые газы вводятся в кюветы 5 или 6, которые занимают только верхнюю часть пространства перед объективом. Нижние пучки лучей проходят под кюветой и образуют нижнюю неподвижную систему интерференционных полос, верхние проходят через газовые кюветы и образуют верхнюю подвижную систему полос.

При значительной разнице показателей преломления газов верхняя система полос уйдет из поля зрения окуляра и на ее месте будет светлая полоса. В том случае, когда в обеих камерах кюветы находятся вещества с одинаковым показателем преломления,

верхняя интерференционная система полос совпадает с нижней – неподвижной. При наличии незначительной разности в показателях преломления верхняя система полос будет сдвинута относительно нижней.

Таким образом, в интерферометре нижняя система полос является как бы индексом, по которому производится отсчет. Обе системы полос разграничены при помощи пластины 10 тонкой линией раздела. На пути верхних пучков лучей установлены две одинаковые плоскопараллельные пластинки 8 и 9, из которых одна (9) может поворачиваться вокруг горизонтальной оси с помощью микрометрического механизма 16 и компенсировать смещение верхней интерференционной картины относительно нижней. Величина этого смещения отсчитывается по шкале микрометрического механизма.

В компенсаторе Жамена, состоящем из двух плоскопараллельных пластинок, измеряемая разность хода компенсируется плавным изменением оптического пути одного из интерферирующих лучей путем поворота пластинок. Такое устройство компенсатора не дает линейной зависимости между оптической разностью хода и отсчетом по шкале, что вызывает необходимость специальной градуировки.

Значение преломляющих усилий некоторых газов

1. Аргон	283,14
2. Воздух	292,9
3. Гелий	34,9
4. Углекислый газ	450,6

2. Градуировка интерферометра

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

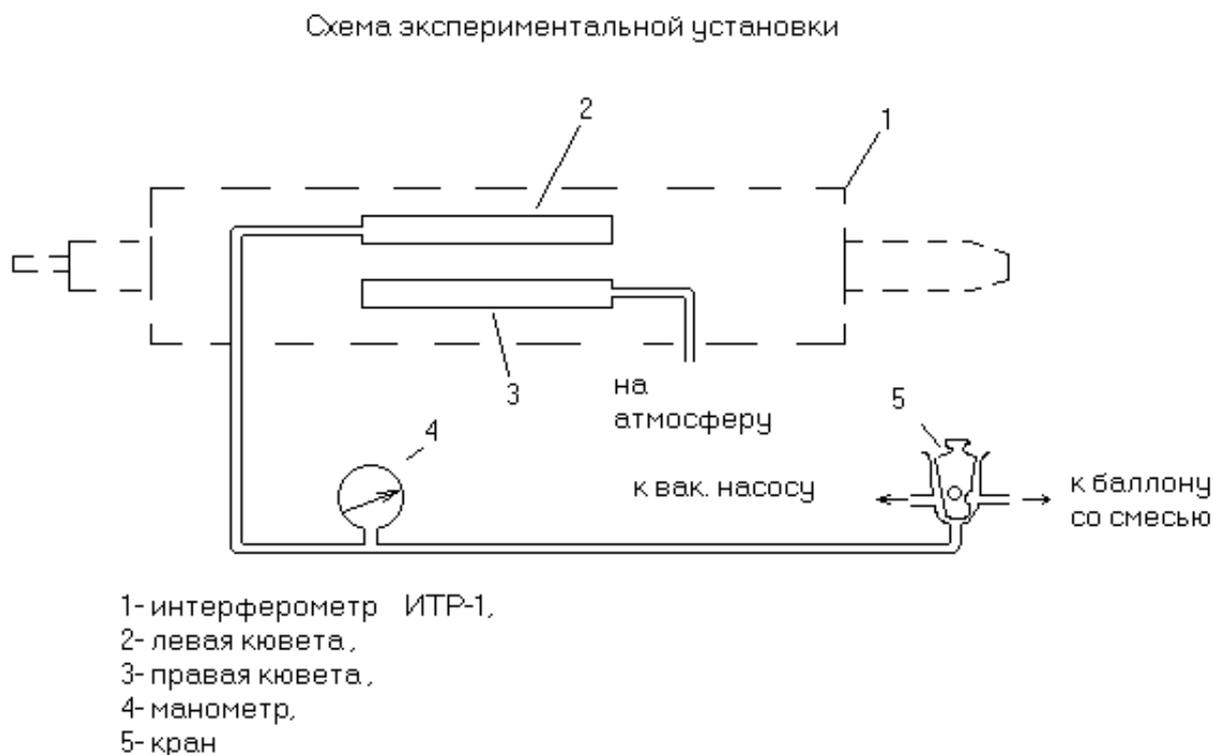


Рис. 2.1.

Для градуировки ИТР-1 используется воздух с известным значением преломляющего усилия. Преломляющее усилие связано с показателем преломления следующей формулой:

$$\beta_0 = (n-1)10^6 \quad (2.1)$$

Снимается зависимость преломляющего усилия воздуха при различных давлениях от показаний шкалы барабана интерферометра. Значение преломляющего усилия, отнесенного к нормальным условиям ($T_0 = 273 \text{ К}$, $P_0 = 101,325 \text{ Па}$), связана с его значением при данной температуре и давлении опыта следующим выражением:

$$\beta_0 = \beta_T \frac{P_0 T_{ан}}{P_{ан} T_0} \quad (2.2)$$

Таким образом, зная $P_{ан}$, $T_{ан}$ можно вычислить и построить зависимость $\Delta\beta$ от $N - N_0$. Полученный градуировочный график может быть использован для любого газа с неизвестным преломляющим усилием или для анализа смеси газов:

$$c_1 = \frac{\beta_{ан}^0 - \beta_2^0}{\beta_1^0 - \beta_2^0} \quad (2.3)$$

при условии, что известны давление и температура анализа.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Откачать левую половину интерференционной кюветы, повернуть кран 5 к вакуумному насосу и промыть ее несколько раз воздухом. Записать нулевое показание шкалы барабана интерферометра N_0 при атмосферном давлении воздуха в левой и правой кюветах. Затем при постоянном атмосферном давлении в правой половине кюветы, откачивать из левой половины воздух небольшими порциями и записывать показания шкалы барабана N , соответствующие давлению для каждой порции. Пройдя всю шкалу барабана, повторить измерения еще 1-2 раза, чтобы получить 30-40 точек. По полученным данным вычислить и построить график зависимости $\Delta\beta = f(N - N_0)$, где

$$\beta_T^{np} = \beta^{возд}_0 \frac{P_{атм} T_0}{P_0 T_{ан}},$$

$$\beta_T^{лев} = \beta^{возд}_0 \frac{P_{ан} T_0}{P_0 T_{ан}},$$

$$\Delta\beta = \beta_T^{np} - \beta_T^{лев}$$

Из графика найти постоянные **a**, **b** для каждого участка полученной ломаной линии $y = ax + b$. Обработать результаты по методу наименьших квадратов.

3.2. Откачать левую половину кюветы и после промывки наполнить ее смесью He - CO₂ или He-Ar. Снять показания шкалы барабана интерферометра N . Опыт повторить 3 раза при разных давлениях. По градуировочному графику или зависимости

$\Delta\beta = f(N - N_0)$ найти соответствующие полученным $(N - N_0)$ разности преломляющих усилий газов в правой и левой кюветах. Определить преломляющие

усилие смеси в левой кювете $\beta_{ан} = \beta_T^{лев} = \beta_T^{пр} - \Delta\beta$, привести его к нормальным условиям по формуле (2.2) и определить концентрацию He в CO_2 или He в Ar в смеси по формуле (2.3).

4. Вопросы для самостоятельной подготовки

- 4.1. Для чего предназначен интерферометр?
- 4.2. На каком физическом явлении основано действие интерферометра?
- 4.3. Как проходят лучи света, образующие верхнюю и нижнюю интерференционные картины?
- 4.4. За счет чего происходит смещение верхней интерференционной картины?
- 4.5. Какое устройство позволяет его компенсировать?
- 4.6. Для чего проводится градуировка интерферометра?
- 4.7. Почему градуировочный график строят для преломляющего усилия, а не для показателя преломления n ?
- 4.8. Из каких уравнений выводится формула (2.3) для концентрации?
- 4.9. Для анализа каких газовых смесей нельзя применять интерферометр?

5. Литература

- 5.1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ИТР-1 и ЛИР-2.
- 5.2. Вайнсбергер А. Физические методы органической химии, т.1 – М.: ИЛ, 1950.