

## Работа 4.11

### Изучение интерферометров

**Оборудование:** интерферометр ИТР-1, интерферометр ШИ-3, набор растворов определенной концентрации.

**Описание приборов.** Ход лучей в интерферометре ИТР-1 показан на рисунке 4.24.

Параллельный пучок лучей, вышедший из коллиматора, проходит через диафрагму  $D_2$  с двумя отверстиями и собирается в фокальной плоскости  $D_3$  объектива  $O_2$  зрительной трубы. Вследствие наложения пучков света, полученных при помощи  $D_2$ , в плоскости  $D_3$  возникает система интерференционных полос, которую можно наблюдать при помощи окуляра  $O_3$ .

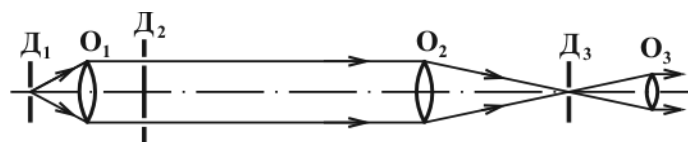


Рис. 4.24

На пути лучей между объективами  $O_1$  и  $O_2$  ставится двухкамерная кювета, одна камера которой наполняется эталонным, а другая — исследуемыми растворами.

Появление дополнительной оптической разности хода, возникающей по причине отличия показателей преломления эталонного и исследуемого растворов, приводит к сдвигу интерференционной картины, наблюдаемой в окуляр.

Измеряя микрометрическим механизмом величину смещения интерференционных полос, определяют разность показателей преломления, а также концентрацию растворов. Показатель преломления жидкостей подчиняется правилу аддитивности:  $C = k(\Delta n)$ , где  $C$  — концентрация раствора,  $k$  — постоянная,  $\Delta n = n - n_0$  — разность показателей преломления раствора и дистиллированной воды.

Постоянная  $k$  определяется следующим образом:

$$k = \frac{1000d}{M(n_1 - n_0)},$$

где  $n_1$  — показатель преломления вещества примеси,  $n_0$  — показатель преломления дистиллированной воды,  $d$  — плотность вещества примеси,  $M$  — молярная масса вещества примеси.

Тогда для концентрации имеем:

$$C = \frac{1000d(n - n_0)}{M(n_1 - n_0)},$$

где  $n$  — показатель преломления раствора.

В большинстве случаев полного соблюдения правила аддитивности не наблюдается и зависимость  $\Delta n$  от  $C$  находится путем построения калибровочных кривых. Калибровка прибора производится для определенной пары: растворитель — растворенное вещество. Задача построения калибровочной кривой для определенной системы сводится к получению отсчетов по шкале интерферометров для ряда специально приготовленных растворов известной концентрации: 0,1 %; 0,2 %; 0,3 %; 0,4 %; 0,5 %.

Поскольку дисперсия вещества, которое анализируется, и стекла компенсатора разные, то возможны случаи, когда достигается компенсация для некоторой средней длины волны. Эти обстоятельства приводят к тому, что с увеличением концентрации раствора периодически происходит такое наложение цветных полос, при котором появляется третья темная полоса, трудно отличимая от двух нулевых. В этом случае оказываются два абсолютно равноправных нулевых положения. Значит, данной концентрации раствора будут соответствовать два отсчета по шкале компенсатора, которые отличаются друг от друга по ширине полосы.

Калибровочная кривая представляет собой ступенчатую кривую. Если экспериментальные точки фиксировать не так часто, то построенная кривая будет иметь сглаженное приближение к ступенчатой кривой (в сравнении с детальной калибровкой). Имея калибровочную кривую и проведя измерения, легко определить неизвестную концентрацию раствора.

Шахтный интерферометр типа ШИ-3 служит для определения концентрации метана и углекислого газа в рудничной среде угольных шахт. Принцип действия интерферометра основан на измерении сдвига интерференционной картины, который происходит вследствие изменения состава пробы воздуха, которая находится на пути одного из двух когерентных лучей. Смещение интерференционной картины не происходит, когда оба луча проходят одинаковую газовую среду. Это положение (нулевое) фиксируется неподвижной шкалой, которая видна в окуляр. Смещение интерференционной картины пропорционально величине показателя преломления газовой смеси, который в свою очередь пропорционален процентному содержанию углекислого газа в этой смеси. Интерференционная картина в виде цветных полос с резкой белой полосой, ограниченной двумя черными полосами, образуется заданной самим прибором постоянной разностью хода когерентных лучей. Когда один из когерентных лучей проходит через воздух, в котором присутствует углекислый газ, а другой когерентный луч проходит через чистый воздух, то между этими лучами возникает дополнительная разность хода и интерференционная картина при этом сдвигается вдоль шкалы прибора. Деления шкалы прибора дают процентное содержание углекислого газа в определенной пробе воздуха (от 0 до 6 %).

Оптическая схема и ход лучей в приборе показан на рисунке 4.25.

При нажатии на кнопку электрической цепи, которая выведена на боковую стенку корпуса прибора, в нем загорается электрическая лампочка. Свет от лампочки проходит через конденсорную линзу  $L$  и параллельным пучком падает на зеркало  $M$ , где пучок света разделяется на два когерентных пучка. Первый

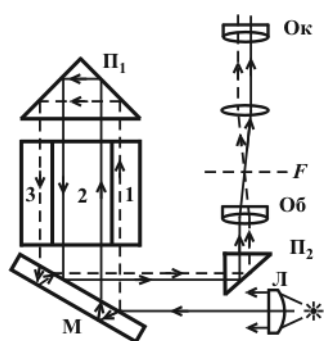


Рис. 4.25

пучок света, отразившись от первой грани зеркала, идет через крайние (1 и 3) полости газовой камеры. Эти полости камеры заполнены эталонной средой (чистым воздухом).

Другой пучок света, отразившись от нижней грани зеркала, дважды проходит по средней полости газовой камеры. Эта полость заполняется исследуемой газовой смесью. Оба пучка света, которые выходят из камеры, вновь попадают на зеркало  $M$  и, отразившись от его верхней и нижней граней, сходятся в

один световой пучок, который, проходя через призму  $P_2$ , отклоняется под прямым углом и попадает в объектив  $Ob$  зрительной трубы.

Призма  $P_2$  подвижная, что дает возможность перемещать интерференционную картину вдоль отсчетной шкалы и устанавливать ее в нужном местоположении относительно шкалы.

## Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Построение калибровочных кривых и определение неизвестной концентрации при помощи интерферометра ИТР-1.

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом действия интерферометра.
2. Включите источник света.
3. Заполните оба отделения кюветы водой (или растворителем) и посмотрите, при каком делении барабана нижняя и верхняя интерференционные картины совпадают.
4. Заполните одно отделение кюветы (не больше  $3/4$  от его высоты) водой (или растворителем), второе — раствором определенной концентрации и снимите отсчет на барабане, при котором интерференционные картины совпадут.
5. Такие же измерения сделайте для всех растворов.
6. Результаты измерений запишите в таблицу:

$C, \%$					
$m$					

1. Постройте калибровочный график  $m(C)$ , отложив на одной оси показания барабана прибора ( $m$ ), а на другой — концентрацию ( $C$ ) растворов.

2. Пользуясь графиком, определите неизвестную концентрацию раствора.

**Задание 2.** Изучение шахтного интерферометра ШИ-3.

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом действия интерферометра ШИ-

3.

2. Научитесь пользоваться прибором.



## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните принцип действия интерферометра ИТР-1.

2. Каким образом строится калибровочный график?

3. Как влияет явление дисперсии вещества на интерференционную картину в интерферометре ИТР-1?

4. Как объяснить наличие двух значений показания барабана прибора  $m$  при измерениях для одной и той же концентрации  $C$ ?

5. Каков принцип действия интерферометра ШИ-3?

6. Что называют оптической разностью хода?

7. Как можно осуществить многолучевую интерференцию?

8. Начертите оптическую схему и объясните принцип действия интерферометра Фабри — Перо.

9. Чем отличаются полосы равного наклона в двухлучевой и многолучевой интерференционных картинах?

10. Приведите примеры применения интерферометров.