

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с физическими принципами работы и конструкцией рефрактометра.

## 2. ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Рефрактометр, набор исследуемых жидкостей.

## 3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Показатель преломления вещества  $n$  есть физическая величина, показывающая во сколько раз скорость света в данном веществе меньше скорости света в вакууме.

$$n = \frac{c}{v}$$

Скорость света  $c$  в вакууме одинакова для любой длины волны; скорость света в веществе зависит не только от свойств вещества, но и от длины волны.

Абсолютный показатель преломления вещества (или просто показатель преломления) является важной оптической характеристикой вещества. Величина показателя преломления вещества непосредственно связана с электрическими свойствами молекул, из которых состоит данное вещество. Поэтому измерение показателя преломления вещества может дать сведения о его строении на молекулярном уровне. Показатель преломления растворов зависит от концентрации растворенных веществ. Следовательно, измерение показателя преломления можно применять в аналитических целях, т.е. для количественного анализа сложных веществ с известным качественным составом.

Один из способов измерения показателя преломления вещества основан на явлении полного внутреннего отражения, которое заключается в следующем.

При падении луча света на границу раздела сред выполняется закон преломления:

$$\frac{\sin i}{\sin i''} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

где  $i$  - угол падения;

$i''$  - угол преломления;

$n_{21}$  - относительный показатель преломления;

Вещество с большим показателем преломления называется оптически более плотным, а вещество с меньшим показателем преломления - оптически менее плотным. На рис. 1 свет падает из оптически более плотной среды в оптически менее плотную.

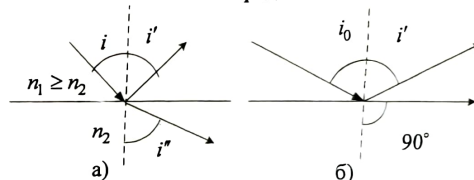


Рис.1

Поскольку  $n_1 > n_2$ , то в этом случае угол преломления  $i''$  больше угла падения  $i$ . Если увеличивать угол падения  $i$ , то будет увеличиваться угол преломления, и при некотором значении угла падения  $i_0$  угол преломления достигает  $90^\circ$ , и преломленный луч будет скользить по поверхности раздела сред. Угол падения  $i_0$  называется предельным углом падения. При углах падения, равных и больших  $i_0$ , преломленного луча не существует, вся световая энергия отражается от границы раздела двух сред и попадает снова в первую среду. Это явление называется полным внутренним отражением.

Для предельного угла падения имеем:

$$\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

Таким образом, измерив, предельный угол полного внутреннего отражения и зная абсолютный показатель преломления одного из веществ, по равенству (2) можно найти показатель преломления другого вещества.

Пусть теперь свет падает на границу раздела со стороны оптически менее плотной среды рис.2.

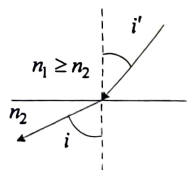


Рис.2

В зависимости от угла падения луч во второй среде может составить с нормалью углы, расположенные в интервале от 0 до  $i_0$ . Предельный угол преломления  $i_0$  соответствует углу падения  $i = 90^\circ$  (скользящему лучу). Величина предельного угла и в этом случае определяется формулой (2).

В рефрактометрах, приборах для измерения показателя преломления вещества, используется как метод полного внутреннего отражения, так и метод скользящего луча.

Оптическая схема рефрактометра, построенного по методу скользящего луча, приведена на рис.3.

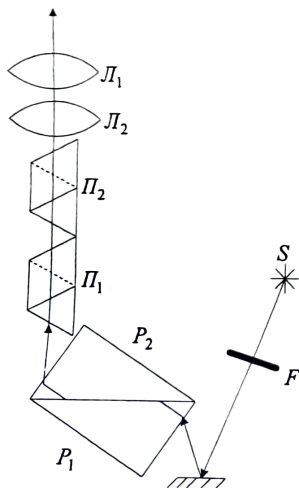


Рис.3

Основной частью являются две стеклянные прямоугольные призмы  $P_1$  и  $P_2$ , изготовленные из стекла с большим показателем преломления.

В разрезе призмы имеют вид прямоугольных треугольников, обращенных друг к другу гипотенузами; зазор между призмами имеет ширину 0,1 мм и служит для помещения исследуемой жидкости. Ход лучей в призмах приведен на рис.4.

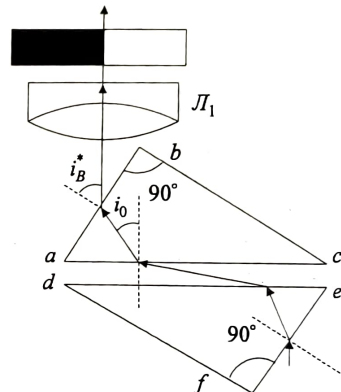


Рис.4

Свет проникает в осветительную призму  $P_1$  через грань  $ef$  и попадает в жидкость через матовую поверхность  $ed$ . Свет, рассеянный матовой поверхностью, проходит слой жидкости и под всевозможными углами ( $0^\circ < i < 90^\circ$ ) попадает на поверхность  $ac$  измерительной призмы  $P_2$ . Скользящему лучу в жидкости ( $i = 90^\circ$ ) соответствует предельный угол преломления  $i_0$ . Преломленные лучи с углами больше  $i_0$  не возникают. В связи с этим угол выхода  $i_B$  лучей из грани  $ab$  может изменяться в интервале от некоторого значения  $i_B^*$  до  $90^\circ$ .

Если свет, выходящий из грани  $ab$ , пропустить через собирающую линзу  $L_1$ , то в ее фокальной плоскости наблюдается резкая граница света и темноты.

Граница рассматривается с помощью линзы  $L_2$  (рис.3). Линзы  $L_1$  и  $L_2$  образуют зрительную трубу, установленную на бесконечность. В их общей фокальной плоскости расположен крест, образованный тонкими линиями. Поворачивая оправу с призмами относительно зрительной трубы (в плоскости рисунка), совмещают границу раздела света и тени с центром креста. В этом случае измерение показателя преломления сводится к измерению угла  $i_B$ . Лимб градуируется непосредственно в значениях показателя преломления.

При определении показателя преломления твердых веществ исследуемое вещество должно выполнять роль призмы  $P_1$ . В зазор между призмами вводится тонкий слой жидкости с известным показателем преломления.

В отличие от метода скользящего луча метод полного внутреннего отражения позволяет измерять показатель преломления непрозрачных веществ.

Изложенная теория рефрактометра справедлива для монохроматического света. Зависимость показателя преломления от длины волны (дисперсия исследуемого вещества) приводит к тому, что при работе с белым светом наблюдаемая в поле зрения граница света и тени бывает размытой и окрашенной. Для того, чтобы получить в этом случае резкое изображение, перед объективом трубы помещают компенсатор с переменной дисперсией. Компенсатор содержит две одинаковые дисперсионные призмы  $L_1$  и  $L_2$ , каждая из которых состоит из трех склеенных призм, обладающих различными показателями преломления и различной дисперсией. Призмы рассчитывают так, чтобы монохроматический луч с длиной волны  $\lambda_D = 0,589$  мкм (среднее значение длины волны желтого дублета натрия) не испытывал отклонения. Показатель преломления для желтой спектральной линии натрия является одной из стандартных оптических характеристик вещества и обозначается  $n_D$ . Лучи с другими длинами волн отклоняются призмами в ту или иную сторону. Если положение призм соответствует рис.3, то дисперсия двух призм равна удвоенной дисперсии каждой из них. При повороте одной из

призм на  $180^\circ$  относительно другой полная дисперсия компенсатора оказывается равной нулю. Вращая ручку компенсатора, следует добиться того, чтобы граница света и тени в поле зрения стала достаточно резкой. Положение границы при этом соответствует длине волны  $\lambda_D$ , для которой приводится значение  $n_D$  на лимбе.

#### 4.ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

##### ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Измерения производятся с помощью рефрактометра ИРФ-464. Внешний вид прибора приведен на рис.5.

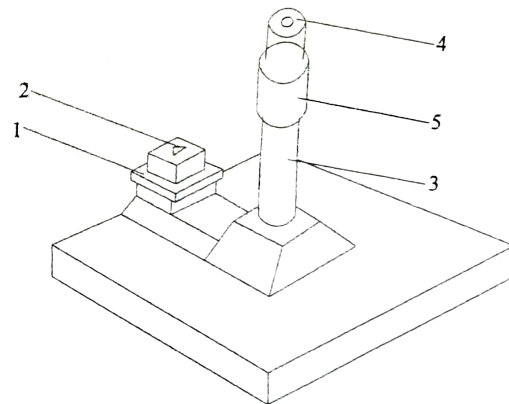


Рис.5

- 1-рефрактометрический блок (осветительная и измерительная призмы);
- 2-рукоятка откидной осветительной призмы;
- 3-зрительная труба;
- 4-окуляр трубы;
- 5-поворотное кольцо компенсационных призм.

##### ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

1) Перед выполнением каждого измерения необходимо промыть призмы рефрактометрического блока дистиллированной водой. Для этого откинуть осветительную призму, нанести пипеткой 2-3 капли воды на измерительную призму, закрыть ее осветительной, снова открыть осветительную призму и протереть поверхность призмы мягкой салфеткой или ватой.

2) Измерения начинают с измерения показателя преломления  $n_D$  дистиллированной воды. Для этого одну или две капли воды наносят на чистую поверхность измерительной призмы, опускают осветительную призму, совмещают границу света и тени с перекрестием нитей или указательным штрихом, поворотом компенсационных призм устраняют дисперсию света. При окончательной настройке прибора должна быть получена резкая неокрашенная граница света и тени, с которой совмещены перекрестие или штрих. (Поворотом окуляра 4 можно установить резкость по глазу в пределах  $\pm 5$  диоптрий). По шкале прибора определяют значение показателя преломления  $n_D$  воды. Измерения повторяют еще два раза, сбивая время повторными измерениями наводку прибора.

3) Аналогично измеряют показатель преломления раствора глицерина в воде, начиная с раствора наименьшей концентрации.

4) Полученные результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

% глицерина		0	2	4	6	8	10
$n_D$	1						
	X						
	X						

## ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1) Подсчитать среднестатистические значения  $\overline{n_D}$ .

2) Построить график зависимости  $\overline{n_D}$  от концентрации раствора.

3) По графику сделать вывод о характере изменения показателя преломления раствора глицерина в воде от концентрации глицерина.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1) Что такое показатель преломления веществ?

2) В чем заключается явление полного внутреннего отражения света?

3) Как связан предельный угол полного внутреннего отражения с относительным показателем преломления граничащих друг с другом сред?

4) В чем заключается метод скользящего луча?

5) Как используется метод скользящего луча в рефрактометре?

6) Как устраняется дисперсионное явление?

## Рекомендуемая литература

1. И. В. Савельев. Курс общей физики т. 2. - М.: «Наука», 1988.

2. Л. И. Гольдин. Руководство к лабораторным занятиям по физике. - М.: «Наука», 1973