

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.01

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ РЕФРАКТОМЕТРА

1. Цель работы

Целью данной работы является изучение явления преломления света и полного внутреннего отражения, а также ознакомление со способом измерения показателя преломления с помощью рефрактометра.

2. Краткая теория

В оптически однородной среде свет, как известно, распространяется прямолинейно. Если существует граница раздела двух сред с различными свойствами, на этой границе происходит отражение и преломление света (рис.1.1).

Если обе среды являются изотропными диэлектриками, отношение синуса угла падения света к синусу угла преломления является величиной постоянной для данных двух сред и называется относительным показателем преломления n_{21} , т.е.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21}, \quad (3.01.1)$$

где i - угол падения луча,

r - угол преломления,

n_{21} - относительный показатель преломления двух сред, т.е. показатель преломления второй среды относительно первой.

Если падение света происходит из вакуума, то соответствующий показатель преломления называется абсолютным. Относительный показатель преломления двух сред связан с абсолютными показателями преломления следующим образом:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (3.01.2)$$

Абсолютный показатель преломления (или просто показатель преломления) связан со скоростью распространения света в данной среде:

$$n = \frac{c}{v} \quad (3.01.3)$$

где c – скорость распространения света в вакууме,

v – скорость распространения света в данной среде.

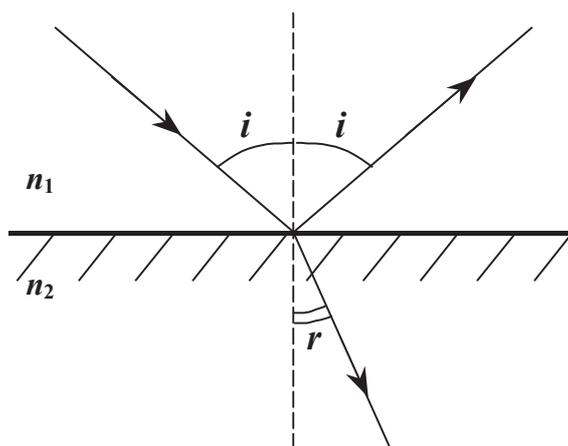


Рис. 1.1. Отражение и преломление света на границе раздела двух сред

В данной работе для определения показателя преломления жидкостей используется рефрактометр УРЛ-1, принцип действия которого основан на явлении полного внутреннего отражения.

Пусть расходящийся пучок света от источника S из среды оптически более плотной с абсолютным показателем преломления n_1 в среду, оптически менее плотную показателем преломления n_2 (рис. 1.2). В этом случае угол преломления будет больше угла падения. При некотором угле падения i_0 , угол преломления r_0 будет равен 90° , $\sin r_0 = 1$. Преломленный луч при этом направлен вдоль границы раздела двух сред. Из (3.01.1) и (3.01.2) получаем:

$$\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1}. \quad (3.01.4)$$

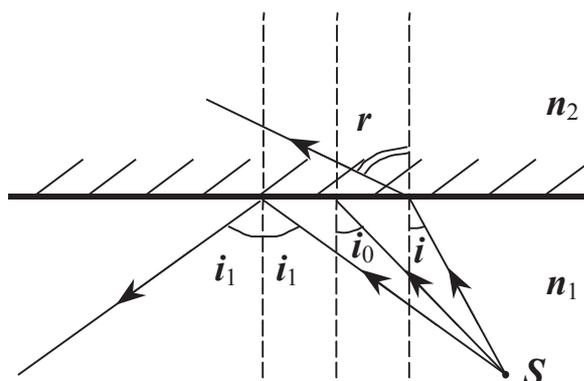


Рис. 1.2. Ход лучей при переходе света из оптически более плотной среды в менее плотную $n_1 > n_2$

Для углов падения больших, чем i_0 , синус угла преломления формально оказывается больше единицы, то есть угол преломления имеет мнимое значение. При этом преломленный луч исчезает, а интенсивность отраженного луча равна интенсивности луча падающего, то есть падающий луч не проникает во вторую среду, а полностью отражается в первую. Это явление называется полным внутренним отражением, а угол i_0 носит название предельного угла полного внутреннего отражения.

Наблюдатель во второй среде видит в поле зрения только ту часть лучей, для которой угол падения i меньше предельного. Остальная часть поля зрения будет темной, так как она соответствует лучам с углами падения большими предельного. Положение границы между освещенной и темной частями поля зрения определяется лучами, падающими под предельным углом.

3. Выполнение работы

3.1. Необходимые приборы и материалы: рефрактометр УРЛ-1, набор исследуемых жидкостей, пипетка, вата или матерчатая салфетка.

3.2. Краткое описание рефрактометра УРЛ-1. Рефрактометрами называют приборы, предназначенные для определения показателя преломления различных веществ. Работа универсального лабораторного рефрактометра УРЛ-1 основана на явлении полного внутреннего отражения и фиксации границы светотени. Основным элементом оптической системы рефрактометра являются две одинаковые стеклянные призмы P_1 и P_2 (рис. 1.3), сложенные диагональными сторонами. Между ними помещается слой исследуемой жидкости. От источника света на грань BC осветительной призмы P_1 падает расходящийся пучок света. Часть лучей, преломившихся в призме P_1 , падает на грань CD под углом меньшим предельного. Эти лучи пройдут через измерительную призму P_2 и создадут освещенную часть поля зрения.

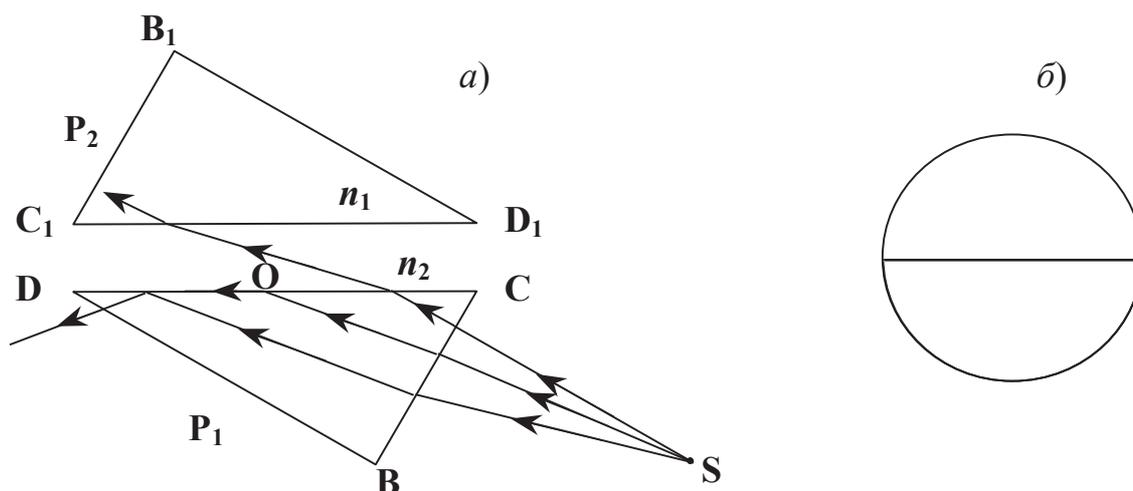


Рис. 1.3. Образование границы светотени в поле зрения рефрактометра

а) ход лучей через призмы;

б) граница светотени в поле зрения окуляра.

Другая часть упадет на грань CD под углом большим предельного и претерпит полное внутреннее отражение. Эта часть поля зрения будет темной. Точка O , находящаяся на границе светлой и темной частей поля зрения, соответствует падению луча под предельным углом. Каждому

веществу соответствует определенное положение границы светотени в поле зрения наблюдателя.

Шкала рефрактометра проградуирована непосредственно в значениях показателя преломления исследуемого вещества. Прибор позволяет измерять показатель преломления в пределах 1,2 - 1,7 с точностью до четвертого знака после запятой.

Оптическая схема рефрактометра изображена на рис. 1.4.

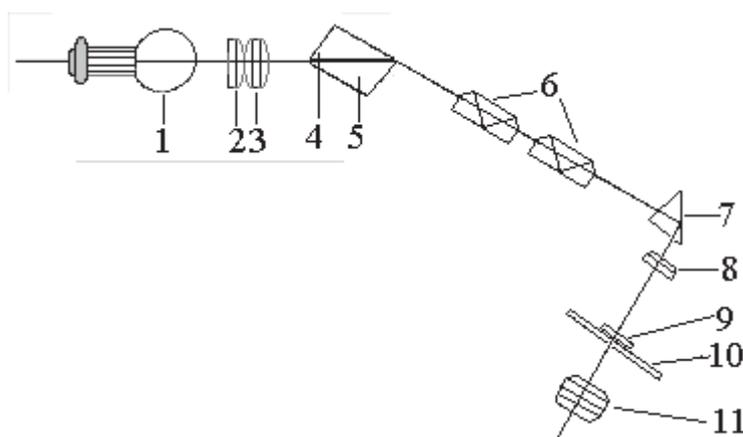


Рис. 1.4. Оптическая схема рефрактометра УРЛ-1

Исследуемую жидкость помещают между плоскостями двух призм – осветительной (4) и измерительной (5). От источника света (1) конденсорами (2,3) расходящийся пучок света направляется на входную грань осветительной призмы, затем проходит тонкий слой исследуемой жидкости и преломляется на границе исследуемого вещества и плоскости измерительной призмы. Лучи, преломленные под различными углами, фокусируются объективом (8) зрительной трубы, образуя светлую и темную части поля зрения, разделенные прямой границей. Границу светотени образуют лучи, падающие под предельным углом.

Для фиксации положения границы светотени относительно неподвижной шкалы (10) зрительная труба вращается относительно оси. Через окуляр (11) зрительной трубы наблюдается граница светотени, перекрестие сетки (9) и шкала (10).

Для компенсации дисперсии вышедших из измерительной призмы лучей в зрительной трубе установлены две призмы прямого зрения (6), вращающиеся относительно оси зрительной трубы. Путем вращения призмы устанавливаются в такое положение, при котором граница светотени не имеет спектральной окраски. Отсчет по шкале производится после устранения спектральной окраски границы светотени. При отсчете граница светотени совмещается с центром перекрестия сетки.

Общий вид прибора показан на рис. 1.5. Конструктивно прибор УРЛ-1 состоит из двух основных частей: основания (1) и корпуса (2). К корпусу прибора крепятся камеры: верхняя (5) и нижняя (3). Нижняя камера, заключающая в себе измерительную призму, неподвижно закреплена на корпусе, а верхняя, заключающая в себе осветительную призму, соединена шарниром с нижней и может поворачиваться относительно нее.

Нижняя и верхняя камеры имеют окна, закрываемые пробкой. К нижней камере подвижно прикреплен осветитель (4), свет от которого может быть направлен в одно из окон.

На оси прибора укреплены:

- рукоятка (9) с окуляром (8) и настроечным механизмом (11), облегчающим совмещение границы светотени с перекрестием сетки;
- лимб дисперсии (6) для устранения окрашенности границы светотени, наблюдаемой в окуляр;
- механизм наведения, находящийся внутри корпуса, который вместе с рукояткой может поворачиваться на оси вдоль шкалы.

На передней стенке основания расположен выключатель для включения осветителя.

На боковой стенке расположен шнур с вилкой (10) для подключения прибора к сети.

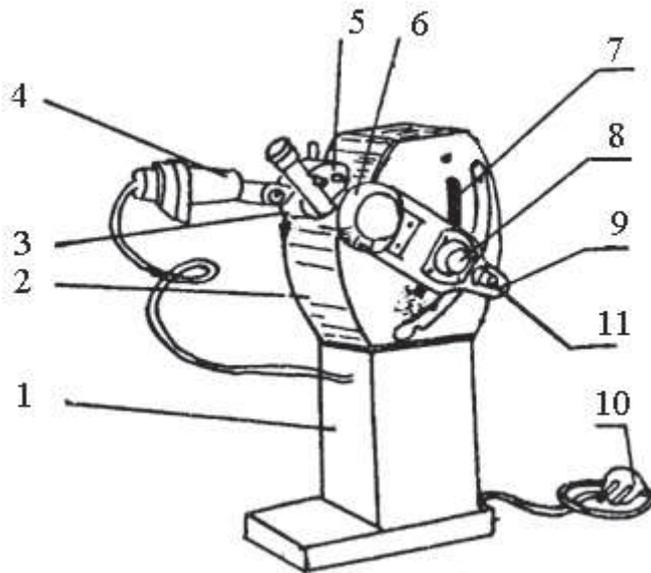


Рис. 1.5. Общий вид рефрактометра
УРЛ-1

3.3. Порядок выполнения работы. Снять пробку с окна верхней камеры, окно нижней камеры должно быть закрыто.

1. Открыть верхнюю камеру и промыть дистиллированной водой или спиртом поверхности осветительной и измерительной призм и насухо вытереть салфеткой.
2. Из пипетки нанести на плоскость измерительной призмы 1–2 капли исследуемой жидкости и закрыть верхнюю камеру.
3. Перемещая осветитель, направить луч света в окно верхней камеры.
4. Смотря в окуляр, поворачивать рукоятку с окуляром до тех пор, пока граница светотени не окажется в поле зрения.
5. Резкость границы светотени, штрихов шкалы, и перекрестия сетки настроить вращением гайки окуляра.
6. Вращением рукоятки дисперсионного компенсатора устранить окрашенность границы светотени.
7. Вращением настроечного механизма совместить границу светотени с перекрестием сетки.
8. Снять отсчет по шкале показателей преломления по границе светотени.

Измерения необходимо провести три раза для каждой жидкости. Результаты измерений заносятся в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерений

Номер опыта	Вода		Глицерин		Спирт		Раствор сахара	
	$n_{\text{В}}$	$\Delta n_{\text{В}}$	$n_{\text{Г}}$	$\Delta n_{\text{Г}}$	$n_{\text{СП}}$	$\Delta n_{\text{СП}}$	$n_{\text{САХ}}$	$\Delta n_{\text{САХ}}$
1								
2								
3								
Средние значения								

После окончания работы прибор должен быть промыт дистиллированной водой или спиртом и поверхности призм вытерты салфеткой досуха.

Ввиду того, что показатель преломления зависит от температуры, следует указать комнатную температуру, при которой проводились измерения.

Окончательный результат для каждой жидкости записывается в виде:

$$n = \bar{n} \pm \Delta \bar{n} . \quad (3.01.5)$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ

1. Что называется относительным и абсолютным показателем преломления вещества?
2. Сформулируйте закон преломления света.
3. В чем состоит явление полного внутреннего отражения и при каких условиях оно наблюдается?

4. Объясните принцип действия рефрактометра.
5. Расскажите порядок выполнения работы.
6. Задача. Вычислить предельный угол полного внутреннего отражения для стекла ($n_1 = 1,6$) и алмаза ($n_2 = 2,4$). Ответ: 39° и 24° .
7. Задача. Предельный угол полного внутреннего отражения на границе стекло-жидкость равен 70° . Чему равен показатель преломления жидкости, если $n_{\text{стекла}} = 1,6$. Ответ: 1,5

ЛИТЕРАТУРА

1. Зисман Г. А., Тодес О. М. Курс общей физики. т.3. - М.: Наука, 1972. – 495 с.
2. Кортнев А. В., Рублев Ю. В. Практикум по физике. - М.: Высшая школа, 1965 – 568 с.
3. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1985 –432 с.