

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ РЕФРАКТОМЕТРА

Цель работы: Ознакомится с принципом работы рефрактометра.

Определить показатель преломления жидкости.

1. Краткое теоретическое введение

Рефрактометрами называются приборы, служащие для определения показателей преломления. Пусть на матовое стекло MN (рис. 1.1) падет пучок света.

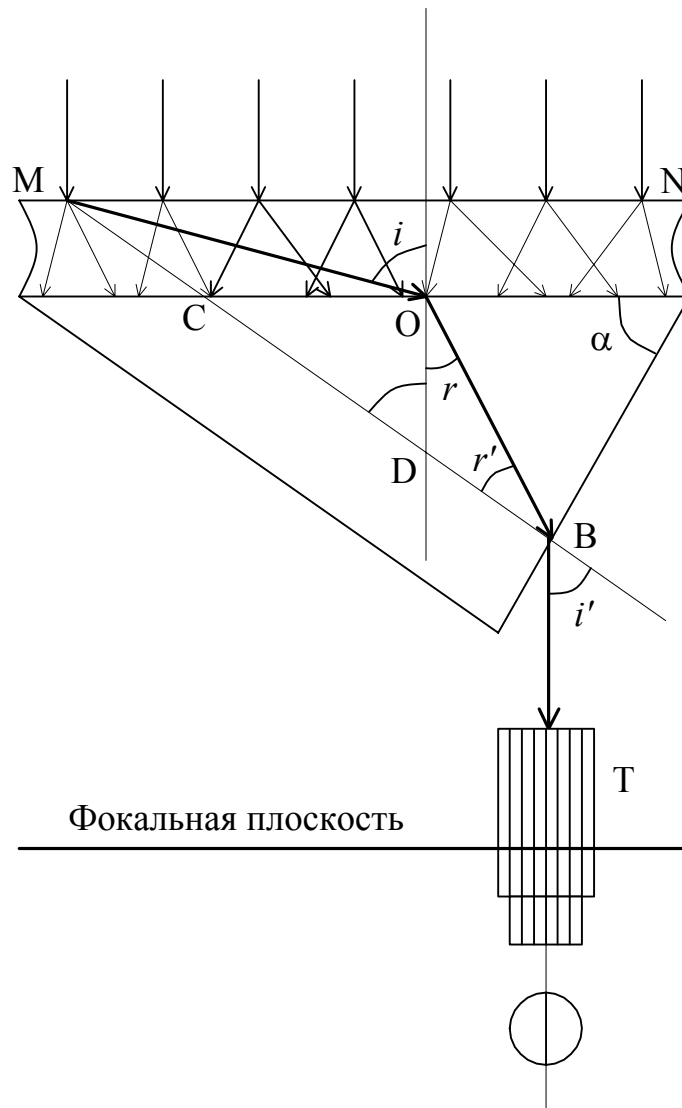


Рис. 1.1. Ход светового луча в рефрактометре

Тогда нижняя поверхность матового стекла является источником световых лучей всевозможных направлений. Между матовым стеклом и призмой с показателем преломления n_2 помещается исследуемая жидкость с показателем преломления n_1 .

ломления n_1 . Рассмотрим луч МО, падающий под углом к нормали к поверхности призмы:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

и

$$\frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{1}{n_2} . \quad (1.1)$$

Для ΔOBC внешний угол $\angle BCD = r + r' = \alpha$

Тогда

$$\sin i' = n_2 \cdot \sin(\alpha - r) = n_2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos r - n_2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin r . \quad (1.2)$$

Из уравнения (1.1) следует, что

$$\sin r = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin i \quad \text{и} \quad \cos r = \sqrt{1 - \frac{n_1^2}{n_2^2} \cdot \sin^2 i}$$

Подставив полученные выражения в уравнение (1.2), получим

$$\sin i' = \sin \alpha \cdot \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \cdot \sin^2 i} - n_1 \cdot \cos \alpha \cdot \sin i . \quad (1.3)$$

Из рис. 1.1 видно, что при таком способе освещения жидкости нельзя получить лучи, скользящие по входной грани измерительной призмы. Если слой жидкости тонок, то наблюдаемый в такой системе граничный луч в требуемых пределах точности будет скользить вдоль грани призмы под углом $i = 90^\circ$. В таком случае

$$\sin i'_0 = \sin \alpha \cdot \sqrt{n_2^2 - n_1^2} - n_1 \cdot \cos \alpha . \quad (1.4)$$

Покажем, что при любых других углах падения $i < 90^\circ$ светлые лучи выйдут из призмы под углом i' большим, чем i'_0 . Действительно,

$$\begin{aligned} -n_1 \cdot \cos \alpha &< -n_1 \cdot \cos \alpha \cdot \sin i \\ \sin \alpha \cdot \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \cdot \sin^2 i} &> \sin \alpha \cdot \sqrt{n_2^2 - n_1^2} . \end{aligned} \quad (1.5)$$

Складывая эти неравенства, получим:

$$\sin \alpha \cdot \sqrt{n_2^2 - n_1^2} - n_1 \cdot \cos \alpha < \sin \alpha \cdot \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \cdot \sin^2 i} - n_1 \cdot \cos \alpha \cdot \sin i .$$

Тогда, на основании формул (1.3) и (1.4) $\sin i'_0 < \sin i'$ и $i'_0 < i'$, т. е. угол i'_0 является минимальным.

Пусть на рис. 1.1 угол $i' = i'_0$ является предельным. Рассматривая совокупность падающих лучей, можно заключить, что из призмы выходят параллельные пучки лучей под углами, большими i'_0 . Пусть оптическая ось зрительной трубы, наведенной на бесконечность, совпадает с направлением предельного луча. Тогда все лучи, параллельные предельному, дают изображение в фокальной плоскости на оптической оси трубы. Параллельные лучи, идущие под углами, большими предельного, дадут изображение правее (изображение перевернутое). Таким образом, правая половина поля зрения будет светлой. Так как параллельные лучи, идущие под углами, меньшими предельного, отсутствуют, то левая половина поля зрения будет темной. Из формулы (1.4) следует, что предельный угол i'_0 зависит только от показателя преломления исследуемой жидкости n_1 , так как величины α и n_2 являются постоянными. Зная n_2 , α , i_0 по формуле (1.4) можно рассчитать n_1 . На практике формула (1.4) используется для градуирования шкал рефрактометра или составления расчетных таблиц.

В основе действия рефрактометра лежит явление, обратное явлению полного отражения.

2. Лабораторная установка

2.1. Принадлежности: рефрактометр, осветитель, пробирки с растворами глицерина в воде, пипетки.

2.2. Описание установки.

Принцип действия рефрактометра основан на явлении предельного преломления, или полного внутреннего отражения, происходящего на границе раздела двух сред, из которых первая оптически более плотная, чем вторая. В приборе это происходит в главной части (рис. 2.1), состоящей из двух призм: осветительной 1 и измерительной 2. Обе призмы изготовлены из стекла флинт с показателем преломления $n = 1,75$. В осветительной призме грань A_1B_1 матовая, а измерительная грань АВ полированная.

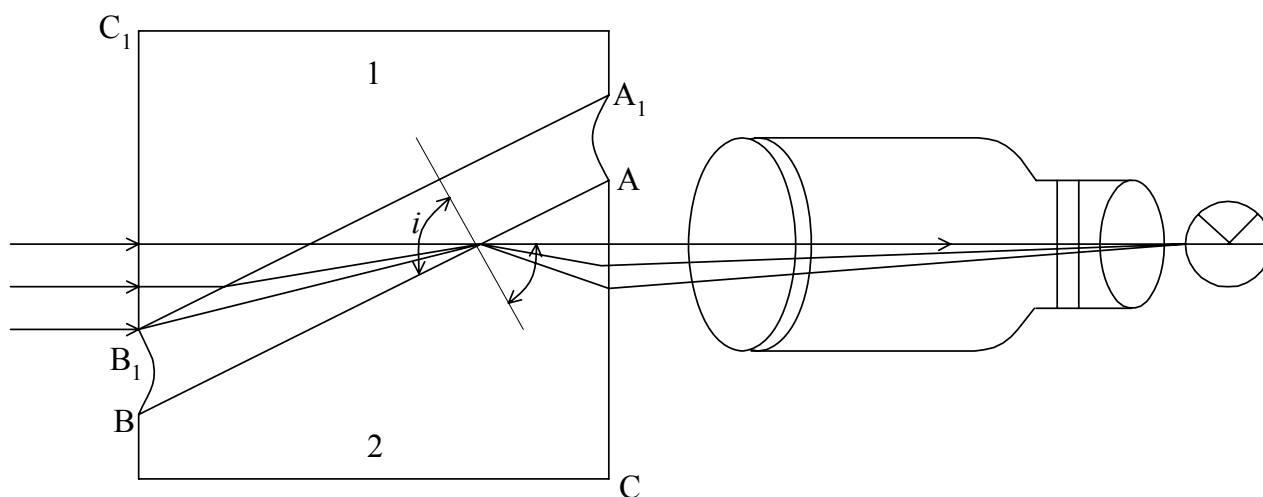


Рис. 2.1. Получение изображения в поле зрения окуляра рефрактометра для снятия отсчета, соответствующего предельному углу падения луча

Между указанными гранями помещается тонкий слой исследуемой жидкости, представляющий собой менее плотную среду. Максимальное значение угла преломления, соответствующее углу падения 90^0 , называется предельным углом преломления.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Направьте свет от электрической лампочки с помощью зеркала на осветительную призму.

3.2. Откройте камеру измерительной призмы и пипеткой нанесите каплю дистиллированной воды на измерительную призму. Закройте камеру.

3.3. Поворотом зеркала добейтесь наилучшей освещенности поля зрения и установите окуляр на оптическую видимость.

3.4. Вращая маховик компенсатора, добейтесь уничтожения окраски и установите окуляр на оптическую видимость.

3.5. С помощью маховика точно установите перекрестие на границу светлого и темного полей и произведите отсчет по шкале, пользуясь лупой. Цена наименьшего деления шкалы 0,001, четвертый знак после запятой оценивается на глаз. Если рефрактометры исправны и установлены правильно, то для воды должно получиться значение $n = 1,333$ (при 20^0C).

3.6. Определите зависимость показателя преломления водного раствора глицерина от его концентрации. Для этого описанным выше способом измерьте показатели преломления для растворов различных концентраций c глицерина.

3.7. По полученным данным постройте график зависимости n от c .

4. Вопросы для самопроверки

5. Полное внутреннее отражение света. Предельный угол.

6. Основные части рефрактометра и их назначение.

7. Почему при измерении показателя преломления жидкости одна половина поля зрения в окуляре светлая, а вторая половина темная.

8. Дисперсия света. Ход лучей в призме.

9. Можно ли измерить показатель преломления жидкости больший, чем показатель преломления призмы рефрактометра $n = 1,57$?