

Работа 4.5

Измерение показателя преломления с помощью рефрактометра

Оборудование: рефрактометр (Carl Zeiss), исследуемые вещества, источник света.

Описание метода и установки. *Рефрактометр* предназначен для непосредственного измерения *показателя преломления* жидких и твердых веществ в промежутке значений 1,3254 — 1,6470 с погрешностью $\pm 2 \cdot 10^{-5}$. Прибором можно пользоваться для определения концентрации водных и других растворов по показателю преломления. Принцип работы рефрактометра основан на явлении полного внутреннего отражения, которое наблюдается при переходе света из оптически более плотной среды ($n = n_2$) в оптически менее плотную ($n = n_1$). Если свет падает на границу раздела двух сред со стороны оптически более плотной среды, то для углов падения $\alpha < \alpha_{\text{пр}}$ свет частично проходит в оптически менее плотную среду, а частично отражается. При $\alpha_{\text{пр}} \leq \alpha \leq 90^\circ$ преломленный луч отсутствует и наступает полное отражение.

Предельный угол $\alpha_{\text{пр}}$ соответствует углу преломления $\beta = 90^\circ$ и тогда:

$$\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{n_1}{n_2}, \quad (1)$$

откуда

$$n_1 = n_2 \sin \alpha_{\text{пр}}. \quad (2)$$

Если свет падает на границу раздела со стороны менее плотной среды, то в зависимости от угла падения световой луч в более плотной среде может составлять с нормалью углы, находящиеся в интервале $0^\circ — \alpha_{\text{пр}}$; предельный угол

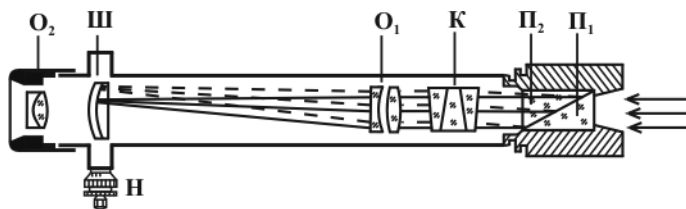


Рис. 4.12

преломления $\alpha_{\text{пр}}$ соответствует углу падения $\alpha \approx 90^\circ$ (скользящий луч). Величина предельного угла в этом случае определяется по формуле (1). При измерениях показателя преломления при помощи

рефрактометра можно пользоваться как методом полного внутреннего отражения, так и методом скользящего луча. Оптическая схема рефрактометра и ход лучей в ней представлены на рисунке 4.12.

Измерительная головка рефрактометра представляет собой две стеклянные прямоугольные призмы Π_1 и Π_2 , изготовленные из стекла с большим показателем преломления. В разрезе призмы имеют вид прямоугольных треугольников, повернутых друг к другу гипотенузами; зазор между призмами около 0,1 мм и служит для помещения исследуемой жидкости.

Определение показателя преломления прозрачных жидкостей проводится в проходящем свете. Несколько капель исследуемой жидкости помещают между двумя гипотенузными гранями призм Π_1 и Π_2 (рис. 4.13). Призма Π_1 с матовой поверхностью cb является осветительной, а призма Π_2 с хорошо отполированной поверхностью dk — измерительной. От источника света

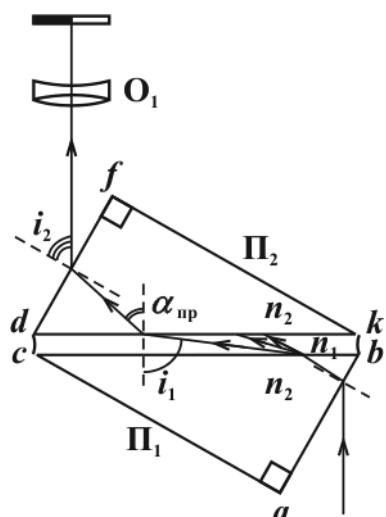


Рис. 4.13

лучи падают на поверхность ab , преломляются в стекле и попадают на матовую поверхность cd . Свет, рассеянный матовой поверхностью, проходит слой жидкости и под разными углами ($0^\circ \leq i_1 \leq 90^\circ$) падает на поверхность dk призмы Π_2 . Так как при помощи прибора можно исследовать жидкости, показатель преломления которых меньше показателя преломления призм, то лучи всех направлений, преломленные на границе раздела системы жидкость — призма Π_2 , попадут в эту призму. Скользящему лучу в жидкости ($i_1 \approx 90^\circ$) соответствует предельный угол преломления $\alpha_{\text{пр}}$. Преломленные лучи с

углами, большими, чем $\alpha_{\text{пр}}$, возникнуть не могут. Именно поэтому угол i_2 выхода лучей из грани df призмы Π_2 может изменяться только в некотором интервале (до 90°). Если лучи, выходящие из грани df , пропустить через систему линз O_1 , то в фокальной плоскости системы будет наблюдаться резкая граница света и тени.

Системы линз O_1 и O_2 (рис. 4.12) образуют зрительную трубу, установленную на бесконечность. В общей фокальной плоскости расположена шкала $Ш$, на которой и получается изображение границы раздела (свет и тень). Положение границы в фокальной плоскости линз зависит от величины показателя преломления жидкости n_1 .

Устойчивая работа рефрактометра будет осуществляться лишь в том случае, если свет монохроматический. Дисперсия исследуемого вещества приводит к тому, что величина предельного угла $\alpha_{\text{пр}}$ зависит от длины световой волны λ . Поэтому при работе с источником немонахроматического света граница света и тени, наблюдаемая в поле зрения окуляра O_2 , оказывается размытой и окрашенной. Для того чтобы получить четкое изображение границы раздела сред, перед объективом O_1 (рис. 4.12) помещают компенсатор K с переменной дисперсией. Компенсатор состоит из двух одинаковых дисперсионных призм

Амичи, каждая из которых образована из трех склеенных призм с разными показателями преломления и разной дисперсией. Призмы Амичи рассчитываются так, чтобы монохроматический луч с длиной волны $\lambda_D = 589,3$ нм (среднее значение длины волны желтого дублета натрия) не имел отклонения. Лучи с другими длинами волн отклоняются в ту или другую сторону. При повороте одной из призм Амичи на некоторый угол относительно другой призмы (вокруг вертикальной оси) можно скомпенсировать дисперсию. Для поворота призм Амичи служит кольцо, вращая которое можно добиться такого положения, чтобы граница света и тени в поле зрения была достаточно четкой. Положение границы при этом соответствует длине волны λ_D , для которой и приводятся значения показателя преломления n_D .

Показатель преломления жидкости определяется по таблице для определения показателя преломления, прилагаемой к прибору и помещенной в приложении данного пособия (табл. 20), на основе значений показателя преломления n_D и показаний нониуса H по формуле

$$n_x = n_D + \Delta n.$$

Порядок выполнения работы

Задание 1. Определение показателя преломления растворов.

1. Включите источник света.
2. В зазор между призмами $П_1$ и $П_2$ поместите несколько капель дистиллированной воды.
3. Установите нониус на нулевое деление.
4. Поворачивая кольцо компенсатора, устраните окрашенность границы раздела.
5. Поворачивая нониус, установите границу раздела на ближайшее деление шкалы и снимите показания по шкале и нониусу.
6. По таблице определите показатель преломления воды.
7. Проведите аналогичные измерения для всех исследуемых растворов.
8. Результаты измерений запишите в таблицу:

$C, \%$	0	5	10	15	20	25	x
n							

9. Постройте график зависимости показателя преломления от концентрации растворов $n(C)$.
10. При помощи графика определите неизвестную концентрацию раствора.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Проведите исследование зависимости показателя преломления раствора определенной концентрации от температуры.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего используется рефрактометр?
2. На каких физических явлениях основан принцип действия рефрактометра?
3. Что представляет собой измерительная головка рефрактометра?
4. В каком случае возникает явление полного внутреннего отражения?
5. Как получается граница раздела (свет и тень) в рефрактометре?
6. Почему возникает окрашенность границы раздела?
7. С какой точностью определяется величина показателя преломления в данной работе?
8. Что определяет предельный угол полного внутреннего отражения?
9. Как устроена призма Амичи?
10. Почему зазор между призмами рефрактометра должен быть малым?