

### 4.1.3. Рефрактометр Аббе

**Цель работы:** измерить показатели преломления твёрдых и жидких тел в монохроматическом свете.

**В работе используются:** технический рефрактометр Аббе; осветитель; набор стеклянных образцов; жидкости с неизвестными показателями преломления (глицерин, этиловый спирт); моноклорнафталин; дистиллированная вода.

**Теоретическая часть:**

1. Формула Лоренц—Лорентца, связывающая показатель преломления  $n$  изотропного вещества с числом молекул  $N$  в единице объёма и поляризуемостью  $\alpha$  молекул вещества:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{4\pi}{3} N \alpha. \quad (1)$$

Также вводят величину удельной рефракции ( $\rho$  — плотность вещества):

$$r = \frac{1}{\rho} \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}.$$

Тогда:

$$r = \frac{4\pi}{3} \frac{\alpha}{m_0} = \text{const}$$

2. Для смеси веществ хорошо выполняется соотношение:

$$r = c_1 r_1 + c_2 r_2 + \dots,$$

где  $r_1, r_2, \dots$  — удельные рефракции компонент, а  $c_1, c_2, \dots$  — их массовые доли. То есть, рефракция обладает свойством аддитивности.

Также вводят понятие атомной рефракции:

$$R = Ar,$$

где  $A$  — атомная масса элемента. И, аналогично, вводят молекулярную рефракцию  $R_M$ :

$$R_M = Mr = \frac{M}{\rho} \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{4\pi}{3} N_A \alpha.$$

Тогда:

$$R_M = q_1 A_1 r_1 + q_2 A_2 r_2 + \dots = q_1 R_1 + q_2 R_2 + \dots$$

Определив в ходе работы рефракции воды, глицерина и этилового спирта, получим систему:

$$R_{H_2O} = 2R_H + R_O$$

$$R_{C_3H_8O_3} = 3R_C + 8R_H + 3R_O$$

$$R_{C_2H_6O} = 2R_C + 6R_H + R_O$$

## Экспериментальная установка:

Принцип работы рефрактометра Аббе

$$\sin \varphi_{\text{пр}} = \frac{n_1}{n_2}$$

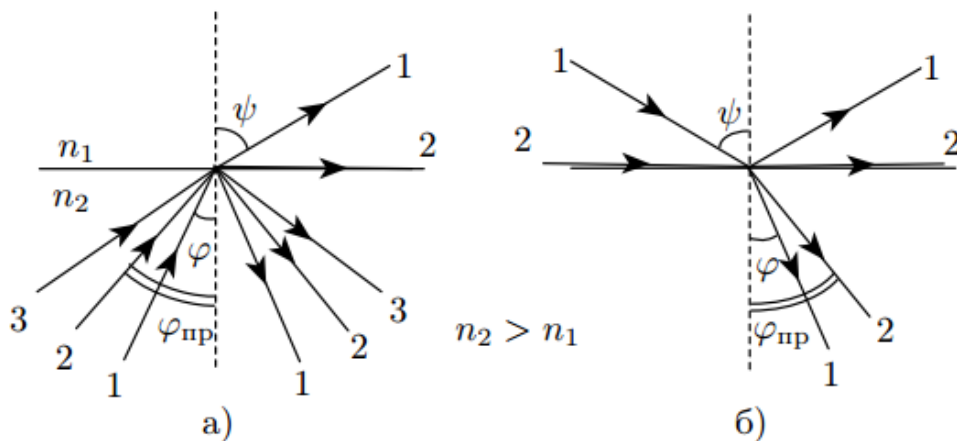


Рис. 1: Предельный угол полного внутреннего отражения (а) и предельный угол преломления (б)

Для измерения показателей преломления используются 2 метода – метод полного внутреннего отражения и метод скользящего луча.

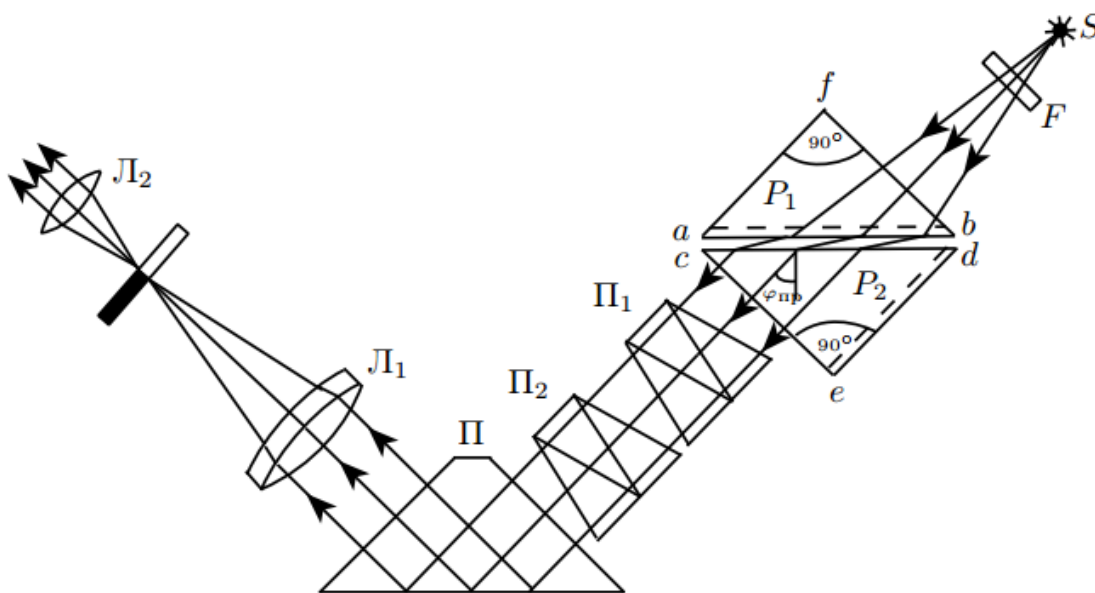


Рис. 2: Ход лучей в рефрактометре при измерении показателя преломления жидкости методом скользящего луча

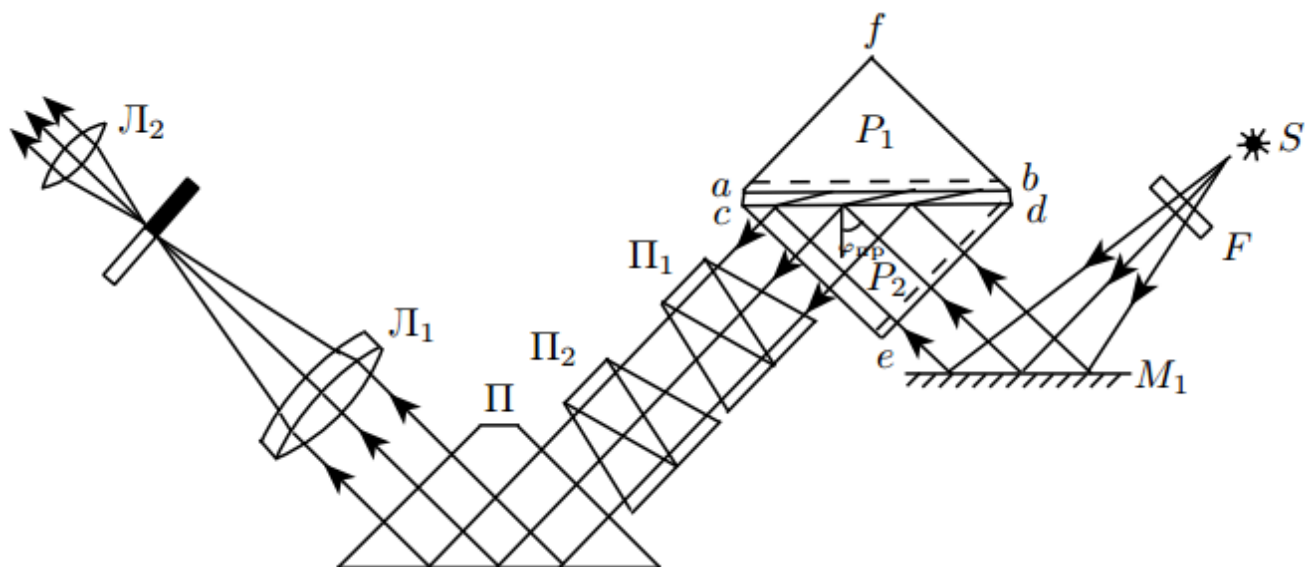


Рис. 3: Ход лучей в рефрактометре при измерении показателя преломления жидкости методом полного внутреннего отражения

### Ход работы:

1. Измерим показатели преломления 3 стеклянных образцов используя оба метода. Для каждого образца проведем по 5 измерений каждым методом. Сведем результаты в таблицу:

Номер эксперимента	1	2	3	4	5	$\bar{n}$	$\sigma_n$
$n_1$	1.5135	1.514	1.514	1.513	1.512	1.5133	$6 \cdot 10^{-4}$
$n_2$	1.6535	1.653	1.654	1.652	1.655	1.6535	$7 \cdot 10^{-4}$
$n_3$	1.652	1.6515	1.652	1.650	1.653	1.6517	$7 \cdot 10^{-4}$

Таблица 1: Метод скользящего луча

Номер эксперимента	1	2	3	4	5	$\bar{n}$	$\sigma_n$
$n_1$	1.513	1.5145	1.5135	1.514	1.525	1.516	$6 \cdot 10^{-4}$
$n_2$	1.6485	1.6495	1.650	1.649	1.653	1.650	$7 \cdot 10^{-4}$
$n_3$	1.6525	1.657	1.658	1.66	1.65	1.6555	$7 \cdot 10^{-4}$

Таблица 2: Метод полного внутреннего отражения

Описание образцов:

- (a) толстый восьмиугольник
- (b) тонкий маленький прямоугольник
- (c) тонкий большой прямоугольник

2. Аналогично измерим показатели преломления глицерина и этилового спирта.

Номер эксперимента	1	2	3	4	5	$\bar{n}$	$\sigma_n$
$n_{C_3H_8O_3}$	1.451	1.452	1.4505	1.4515	1.45	1.451	$2 \cdot 10^{-4}$
$n_{C_2H_6O}$	1.395	1.361	1.360	1.3605	1.359	1.36	$5 \cdot 10^{-4}$

Таблица 3: Метод скользящего луча

Номер эксперимента	1	2	3	4	5	$\bar{n}$	$\sigma_n$
$n_{C_3H_8O_3}$	1.4505	1.4515	1.45	1.452	1.451	1.451	$4 \cdot 10^{-4}$
$n_{C_2H_6O}$	1.390	1.360	1.3605	1.361	1.3595	1.36	$6 \cdot 10^{-4}$

Таблица 4: Метод полного внутреннего отражения

Итого имеем:

$$n_{C_3H_8O_3} = 1.451 \pm 0.0001, \quad n_{C_2H_6O} = 1.36 \pm 0.0005.$$

3. Теперь можем вычислить молекулярные рефракции и поляризуемости по формуле (1) :

$$R_{H_2O} = 3.67 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}}$$

$$R_{C_3H_8O_3} = 20.35 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}}$$

$$R_{C_2H_6O} = 12.86 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}}$$

4. Решая систему линейных уравнений, находим атомарные рефракции углерода, водорода и кислорода:

$$R_H = 1.11 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}}$$

$$R_O = 1.45 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}}$$

$$R_C = 2.37 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}}$$

5. Предполагая справедливым правило аддитивности, можем вычислить рефракцию для этилового спирта и его показатель преломления:

$$R_{C_2H_5O} = 8.27 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}}, \quad n_{C_2H_5O} = 1.33$$

Табличное значение:  $n = 1.33$ , из чего можно сделать вывод, что наши экспериментальные данные хорошо согласовываются с теорией.

Для льда по нашим данным получаем:  $n_{\text{лед}} = 1.294$ , при табличном значении  $n = 1.31$

## Вывод:

Измерили показатели преломления твердых и жидких тел в монохроматическом свете при помощи рефрактометра Аббе. Используя метод полного внутреннего отражения и метод скользящего луча, получили одинаковые результаты с большой точностью. Убедились в аддитивности рефракции.