

Ярославский государственный педагогический
университет им. К. Д. Ушинского

Лабораторная работа № 19
Измерение показателя
преломления жидкостей
с помощью
рефрактометра АББЕ

Ярославль
2006

Оглавление

1.	Теоретическое введение	3
2.	Описание установки	6
2.1.	Ход лучей в оптической системе прибора	7
3.	Порядок выполнения работы	10
Задание 1.	10
Задание 2.	10
Задание 3.	10
Задание 4.	11
4.	Контрольные вопросы	11

Лабораторная работа № 19

Измерение показателя преломления жидкостей с помощью рефрактометра АББЕ

Цель работы: познакомиться с принципом действия рефрактометра Аббе, исследовать зависимость показателя преломления от концентрации раствора.

Приборы и принадлежности: рефрактометр Аббе, растворы спирта различной концентрации.

1. Теоретическое введение

Рефрактометрами называются приборы, служащие для измерения показателя преломления веществ. Принцип действия рефрактометра основан на явлении полного отражения. Если на границу ab раздела двух сред с показателями преломления n_1 и n_2 , $n_1 > n_2$ из среды более оптически плотной падает рассеянный пучок света, то начиная с некоторого угла i падения, лучи не входят во вторую среду, а полностью отражаются от границы раздела в первой среде. Этот угол называется предельным углом полного отражения. На рис. 1.1 показано поведение лучей при падении в некоторую точку этой поверхности. Луч 4 идет под предельным углом. Из закона преломления $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ можно определить:

$$\sin i_{\text{пр}} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (\text{поскольку } r = \frac{\pi}{2}).$$

Величина предельного угла зависит от относительного показателя преломления двух сред. Если лучи, отраженные от поверхности, направить на собирающую линзу L то в фокальной плоскости линзы можно видеть границу света и полутени, причем, положение этой границы зависит от величины предельного угла, а следовательно, и от показателя преломления. Изменение показателя преломления одной из сред влечет за собой изменение положения границы раздела. Граница раздела света и тени может служить индикатором при определении показателя преломления, что и используется в рефрактометрах. Этот метод определения показателя преломления называется методом полного отражения.

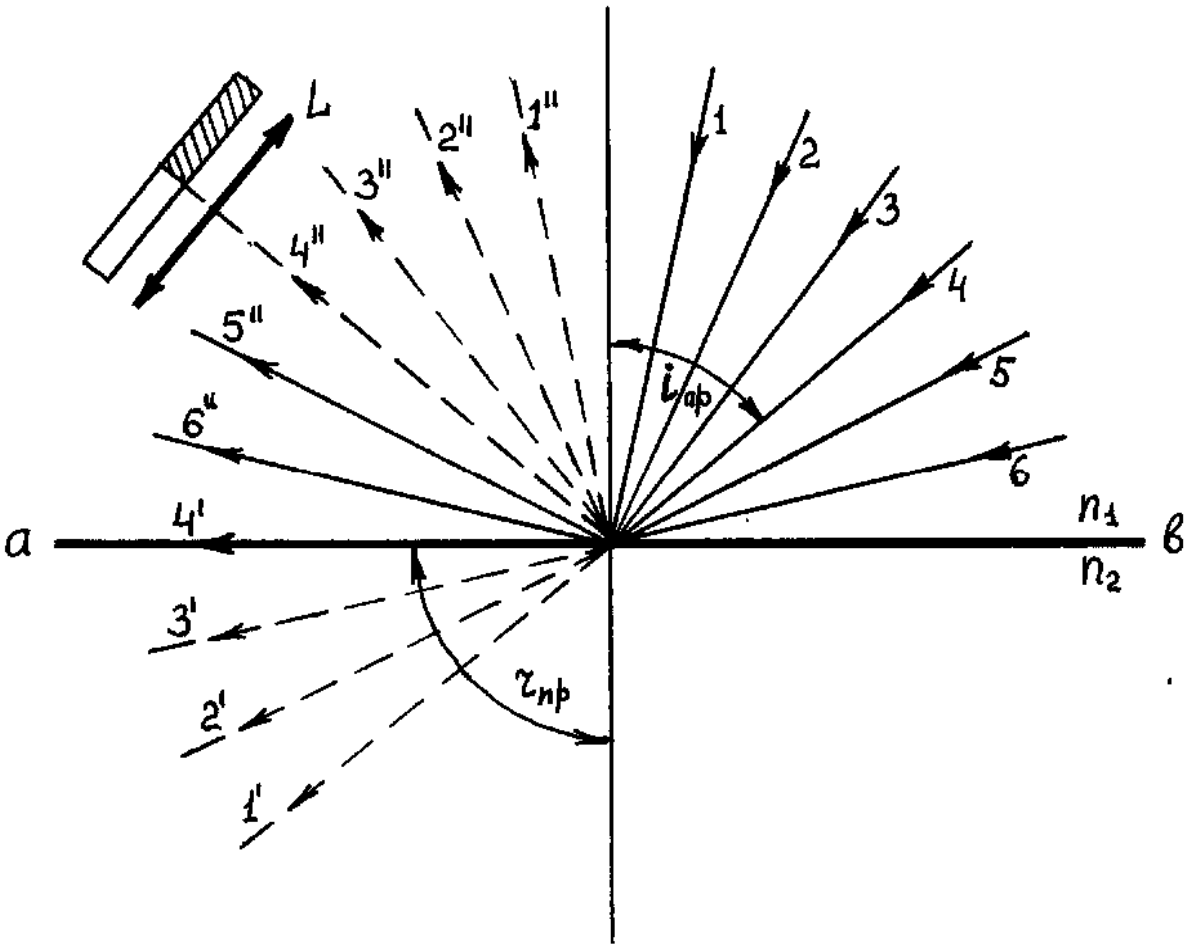


Рис. 1.1

Помимо метода полного отражения в рефрактометрах используется метод скользящего луча. В этом методе рассеянный пучок света попадает на границу ab из среды менее оптически плотной под всевозможными углами (рис. 1.2). Лучу скользящему по поверхности ($i = \frac{\pi}{2}$), соответствует $r_{пр} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$ — предельный угол преломления (луч 5' на рис. 1.2). Если на пути лучей (1' ... 5'), преломленных на поверхности ab , поставить линзу, то в фокальной плоскости линзы мы также увидим резкую границу света и тени.

Так как условия, определяющие величину предельного угла, в обоих методах одинаковы, то и положение границы раздела совпадает. Оба метода равноценны, но метод полного отражения позволяет измерять показатели преломления непрозрачных веществ.

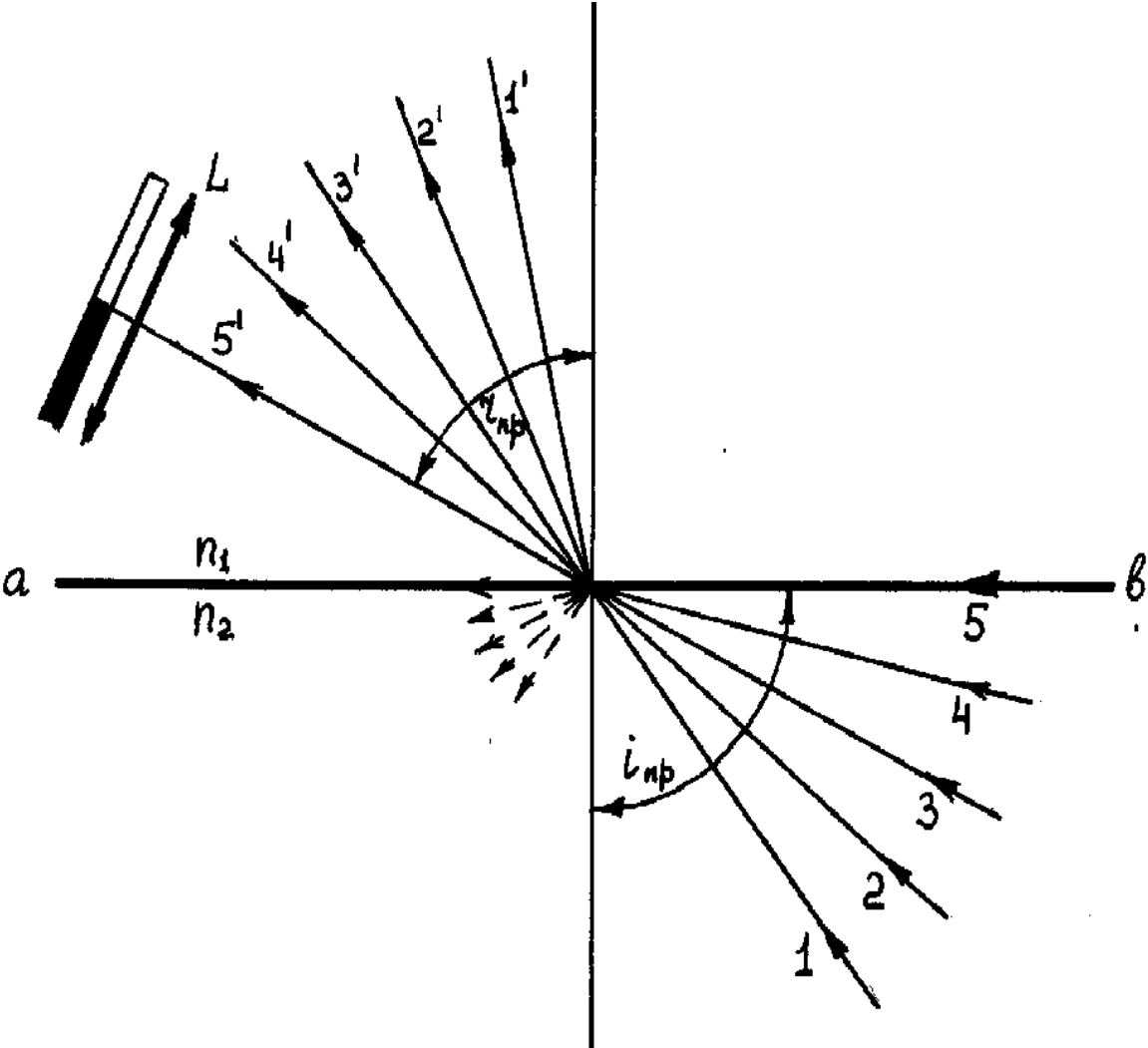


Рис. 1.2

2. Описание установки

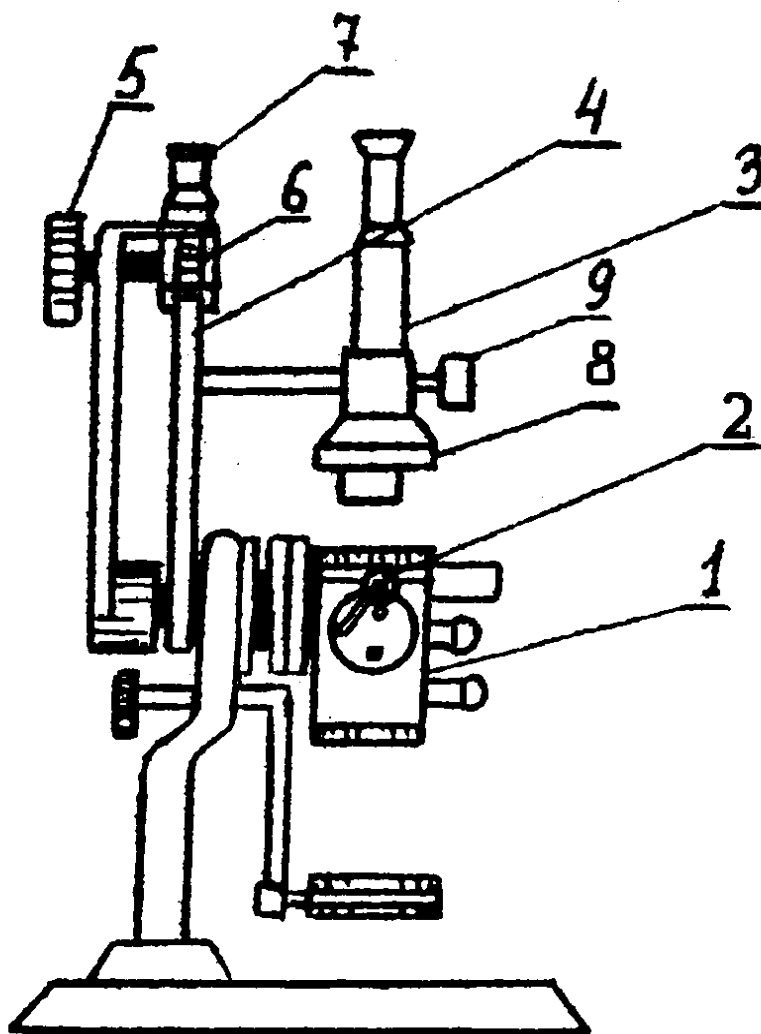


Рис. 2.1

В нашей работе используется рефрактометр Аббе-Пульфриха (рис. 2.1). Основной частью прибора является рабочая камера (1), состоящая из двух прямоугольных призм, изготовленных из стекла с большим показателем преломления. В разрезе призмы имеют вид прямоугольных треугольников, обращенных друг к другу гипотенузами. Зазор между призмами имеет ширину около 0,1 мм и служит для помещения исследуемой жидкости. Призмы находятся в защитном металлическом кожухе, в котором имеется два осветительных окна, для метода полного отражения и метода скользящего луча. Рабочая камера открывается с помощью замка (2).

Для наблюдения границы раздела света и тени служит зрительная труба (3) с визирным перекрестием, расположенная на (4). Наведение границы раздела на перекрестие трубы производится винтом (5), который перемещает рабочую камеру. Показатели преломления отсчитываются по шкале (6) с помощью лупы (7). Шкала проградуирована в показателях до **0,0001**.

При освещении системы белым светом в результате дисперсии в стеклах призмы граничение света и тени размывается и окрашивается в радужные цвета. Для устранения дисперсии служит конденсор (8), смонтированный в зрительной трубе. Он состоит из системы призм, смещающихся друг относительно друга поворотом винта (9). Смещая призмы, мы добиваемся того, чтобы в поле зрения трубы попал монохроматический свет (в нашем приборе это свет с $\lambda = 5893 \text{ \AA}$, среднее значение длины волны желтого дуплета натрия). При этом граница света и тени становится достаточно резкой.

2.1. Ход лучей в оптической системе прибора

Метод скользящего луча

При измерениях методом скользящего луча (рис. 2.2) свет направляется на призму P_2 через окно на грани ef и попадает в жидкость через матовую грань de . Свет, рассеянный матовой поверхностью, проходит через слой жидкости под разными углами $i (0 \leq i \leq \frac{\pi}{2})$ и попадает на грань ab призмы P_1 . Скользящему лучу в жидкости соответствует $r_{\text{пр}}$ — предельный угол преломления в призме P_2 . Преломленные лучи с углами больше $r_{\text{пр}}$ не возникают. В связи с этим угол i_2 выхода лучей из призмы P_1 может меняться лишь в интервале от некоторого значения до $\frac{\pi}{2}$, таким образом, в фокальной плоскости зрительной трубы видна граница раздела света и тени.

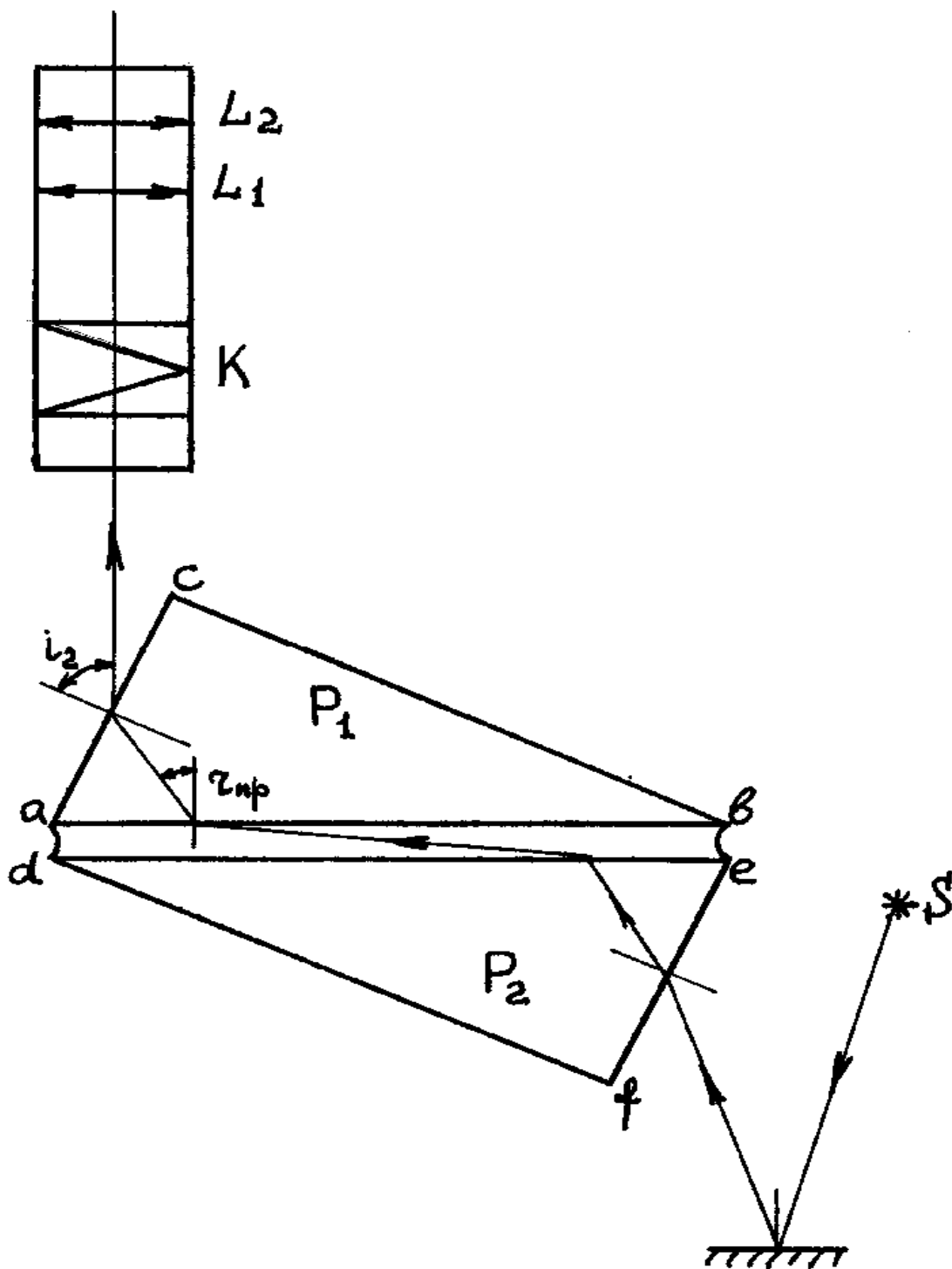


Рис. 2.2

Метод полного отражения

В методе полного отражения призма P_1 освещается со стороны грани bc (рис. 2.3). Поскольку грань матовая, то свет попадает на границу раздела двух сред под разными углами. Лучи, падающие под углом больше $r_{пр}$, полностью отражаются и попадают на грань

2. Описание установки

ас. Угол i_2 выхода лучей из грани ac также может принимать только ограниченные значения в тех же пределах, как и в предыдущем методе.

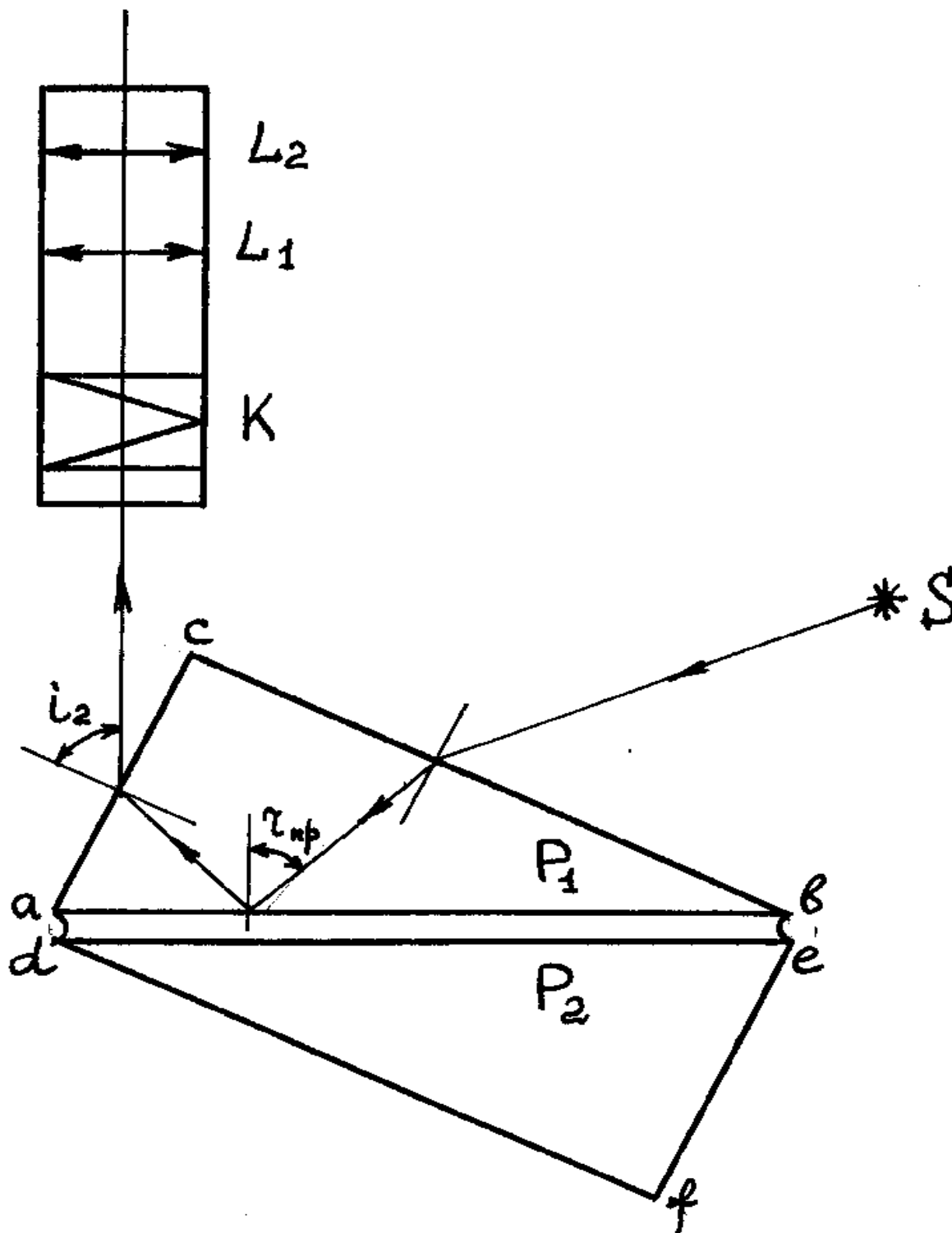


Рис. 2.3

3. Порядок выполнения работы

Задание 1. Ознакомиться с оптической схемой и конструкцией рефрактометра Аббе.

Задание 2. Проверить правильность работы прибора.

Для этого используют вещество с известным показателем преломления (**дистиллированная вода при температуре 20°C имеет $n = 1,33291$**). Проверку производят методом скользящего луча. Повернув кремальеру на 90° от себя и открыв замок (2), откидывая нижнюю призму, открывают рабочую камеру. На рабочую поверхность наносят пипеткой каплю жидкости (**дистиллированную воду**). Закрывают камеру замком и, глядя в зрительную трубу, винтом вращают до тех пор, пока в поле зрения трубы не появится граница света и тени. Границу раздела совмещают с перекрестием, и производят отсчет показателя преломления. Если граница размыта и имеет радужную окраску, надо устранить дисперсию вращением ручки (9). Если граница не появляется, то жидкость не полностью заполнила рабочую камеру. В этом случае надо открыть камеру и добавить жидкости. Измерение следует производить не менее трех раз.

Если измерения дают значения показателя преломления воды, отличающиеся от приведенного выше, то следует определить поправку к шкале.

Задание 3. Определить показатели преломления растворов спирта разной концентрации.

При этом поступают так, как изложено в задании 2. Измерение каждого раствора следует провести не менее трех раз. После измерения показателя преломления очередной жидкости призмы промыть водой и насухо протереть. Опытные данные удобно занести в таблицу следующей формы:

№	C_1		C_2		и т.д.	C_i	
	n_1	n_2	n_1	n_2		n_1	n_2
1							
2							
3							
Ср.							

4. Контрольные вопросы

Аналогичные измерения провести методом полного отражения (n_2). Результаты сравнить с методом скользящего луча.

Задание 4. Определить неизвестную концентрацию раствора.

Измерить показатель преломления неизвестного раствора любым методом так, как указано в задании 3.

Далее построить график зависимости $n = f(C)$, где C — концентрация раствора.

Данные для построения графика взять из первой или второй части задания (3), в соответствии с тем, каким методом проводились измерения n . График следует построить с доверительным интервалом.

4. Контрольные вопросы

1. Устройство рефрактометра Аббе.
2. Ход лучей в призмах рефрактометра для двух методов.
3. Каков должен быть показатель преломления исследуемого тела (или жидкости) по сравнению с показателем преломления стекла призм рефрактометра?