

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ РЕФРАКТОМЕТРОМ ПУЛЬФРИХА

Показатель преломления жидких и твердых тел определяется по предельному углу преломления скользящего пучка света, падающего на границу раздела двух сред (исследуемое вещество и эталонная стеклянная призма).

Приведенный метод очень часто применяется в физико-химических лабораториях для серийных анализов растворов солей и смесей масел благодаря чрезвычайной простоте и скорости, с которой может быть произведено определение показателей преломления.

Область возможных измерений показателя преломления лежит между

$$n_D = 1,3 \text{ и } n_D = 1,9.$$

Измерение показателя преломления можно производить с точностью до $1 \cdot 10^{-4}$.

Рефрактометр Пульфриха, применяемый в данной задаче, служит для определения показателя преломления жидких и твердых прозрачных тел. Метод

основан на измерении углов φ световых пучков (рис. 1), прошедших через прямоугольную призму при условии, что на верхнюю грань призмы падает скользящий пучок монохроматического света.

Если показатель преломления исследуемого вещества n' меньше показателя преломления n призмы, то по закону преломления для случая скользящего пучка света в точке A можно написать

$$n' = n \sin \psi, \quad (1)$$

где ψ — предельный угол преломления; в точке B для того же пучка $n \sin (90^\circ - \psi) = \sin \varphi$ или

$$n \cos \psi = \sin \varphi, \quad (2)$$

где φ — угол между вышедшим из призмы пучком света и нормалью к вертикальной грани призмы. На основании (1) и (2) получаем

$$n' = \sqrt{n^2 - \sin^2 \varphi}. \quad (3)$$

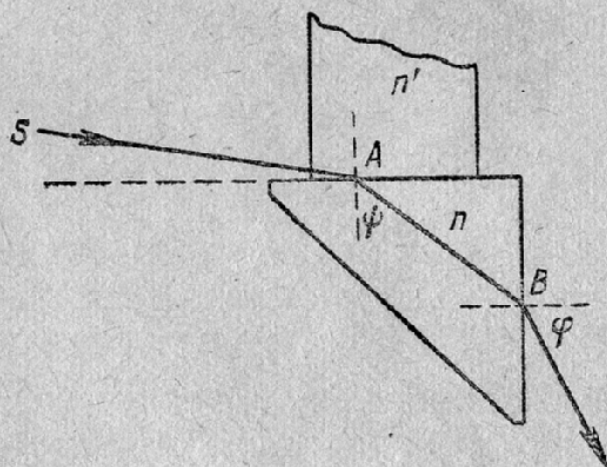


Рис. 1.

Таким образом, зная показатель преломления n призмы и угол φ , можно, пользуясь соотношением (3), определить показатель преломления исследуемого вещества n' .

Описание прибора. Основной частью прибора является прямоугольная эталонная призма из тяжелого флинта, показатель преломления которого n известен с большой точностью. Призма 6 вмонтирована в специальную оправу и укреплена на столике 1 прибора (рис. 2). При измерениях на горизонтальную грань призмы помещают исследуемую жидкость или образец исследуемого твердого вещества.

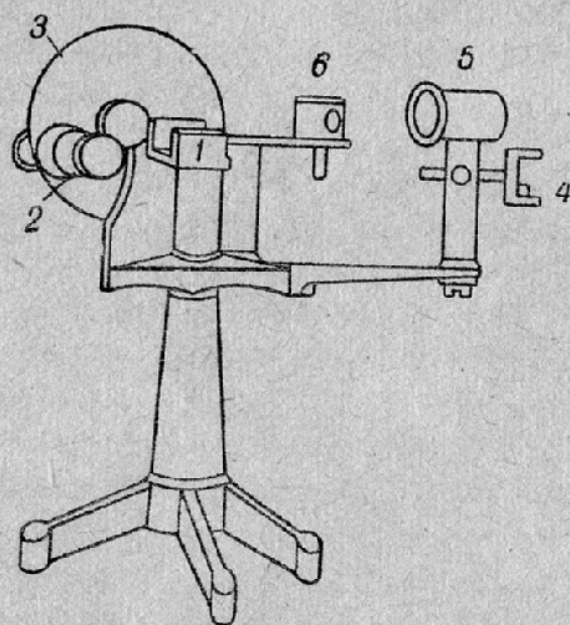


Рис. 2.

Преломленные световые пучки наблюдают с помощью зрительной трубы 2, которая закреплена на краю вертикального лимба 3, имеющего горизонтальную ось вращения. Лимб снабжен одномоментным нониусом, а приспособление из микрометрического винта и барабана с делениями дает возможность измерять малые углы с точностью до $0,1'$. Зрительная труба снабжена автоколлимационным окуляром с косым крестом (см. задачу 128); устройство трубы показано на рис. 3. В фокальной плоскости объектива трубы помещена стеклянная пластинка K с двумя штрихами, образующими крест,

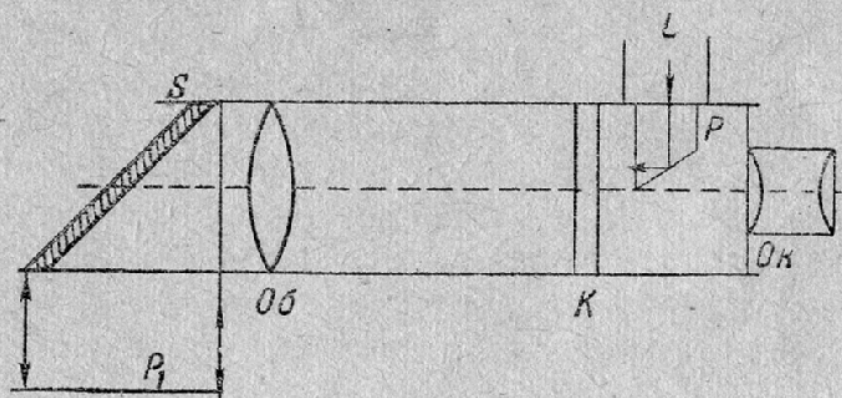


Рис. 3.

центр которого совпадает с оптической осью трубы. Между окуляром Ok и крестом помещена призма полного внутреннего отражения P , закрывающая правую часть креста. Пучок света от источника L , отразившись в призме P , освещает правую часть креста и, пройдя объектив Ob , отбрасывает ее изображение на зеркало S , расположенное под углом 45° к оптической оси трубы. Отражаясь от зеркала, световой пучок попадает на отражающую грань эталон-

ной призмы P_1 . Пучок света, идущий от призмы P_1 обратно, дает изображение правой половины креста в левой части поля зрения. При этом, если нормаль к отражающей грани перпендикулярна к оптической оси трубы, изображение крестов должно быть совмещено с самим крестом. Источником света при работе с рефрактометром может служить водородная трубка, укрепленная в зажиме 4 (рис. 2), или натриевая лампа, т. е. электрическая дуга в парах натрия. В практикуме используется натриевая лампа. Источник света помещается на высоте границы раздела исследуемое вещество — эталонная призма и, следовательно, в исследуемое вещество попадает скользящий пучок света, претерпевающий преломление на границе двух сред.

При этом необходимо, чтобы коэффициент преломления исследуемого вещества был меньше коэффициента преломления эталонной призмы, так как в противном случае будет наблюдаться полное внутреннее отражение и свет не пройдет через эталонную призму.

При исследовании жидких веществ к призме прикрепляются цилиндрические стеклянные сосуды, в которые и наливается жидкость. При определении показателя преломления твердых тел из исследуемого вещества изготавливаются образцы с одной хорошо отполированной гранью. Сторона образца, обращенная к источнику света, должна быть матовой. Для соблюдения оптического контакта между гранью призмы и полированной гранью исследуемого тела помещают каплю жидкости с показателем преломления большим, чем показатель преломления исследуемого вещества, но меньшим, чем показатель преломления призмы.

Слой жидкости действует как плоскопараллельная пластинка, и поэтому окончательная формула для определения показателя преломления исследуемого вещества остается той же.

Для упрощения вычислений показателя преломления к прибору прилагаются таблицы, в которых для каждой эталонной призмы по найденному углу φ можно непосредственно определить искомый показатель преломления n' . Точность определения показателя преломления n' зависит от точности определения показателя преломления эталонной призмы n и точности измерения угла φ . Применяемый в задаче рефрактометр позволяет определить показатель преломления с точностью до $1 \cdot 10^{-4}$.

Упражнение 1

Определение показателя преломления жидкости

К горизонтальной грани эталонной призмы приклеена канадским бальзамом стеклянная трубка с вертикальными стенками, в которую наливается исследуемая жидкость; в жидкости не должно быть пузырьков, и поверхность призмы должна хорошо смачиваться. Если жидкость плохо смачивает грань призмы, то последнюю сле-

дует промыть ацетоном и протереть замшей или чистым льняным полотном.

Измерения. 1. Определяют положение нормали к отражающей вертикальной грани призмы. Для этого устанавливают эталонную призму на столике прибора и затем совмещают крест окуляра зрительной трубы с его изображением, отраженным от рассматриваемой грани призмы.

При этом сначала совмещение производят грубо поворотом трубы от руки, затем закрепляют трубу и дальнейшее вращение трубы производят микрометрическим винтом. Когда изображение креста и крест совмещены, отсчитывают показания на лимбе и барабане.

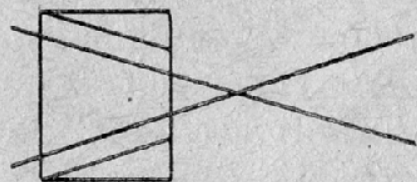


Рис. 4.

Примечание. Если совместить изображение и крест не удастся, то добиваются симметричного расположения изображения относительно креста (рис. 4).

2. Устанавливают источник света таким образом, чтобы в жидкость попал скользящий пучок света. Вращают трубу вокруг горизонтальной оси и добиваются, чтобы в нее попал преломленный световой пучок. При этом в поле зрения трубы видна светлая полоса. Наводят центр косоугольного креста на верхнюю границу полосы (это соответствует скользящему падению пучка света на горизонтальную грань эталонной призмы). Фиксируют положение трубы и отсчитывают показания на лимбе и барабане.

Разность отсчетов в первом и втором положениях трубы и дает угол φ . Зная φ , по таблицам определяют показатель преломления n' .

Упражнение 2

Определение показателя преломления стекла

При выполнении этого упражнения используются стеклянные пластинки толщиной не менее 1,5 мм с хорошо отполированной одной поверхностью. Желательно, чтобы обращенная к источнику света грань пластинки была матовой. Стеклянной палочкой на рабочую грань пластинки наносят каплю альфа-монобромнафталина ($C_{10}H_7Br$) и устанавливают ее на горизонтальной поверхности эталонной призмы, при этом пластинка и эталонная призма должны быть хорошо притерты друг к другу.

Порядок измерения тот же, что и в упражнении 1.

Упражнение 3

Измерение дисперсии стеклянной призмы

Исследуемую призму устанавливают на горизонтальной поверхности эталонной призмы так же, как в упражнении 2, нанеся на рабочую грань каплю альфа-монобромнафталина.

Для измерения дисперсий устанавливают перед конденсором 5 (рис. 2) водородную трубку или другой источник света с линейчатым спектром. Справа от прибора (примерно в 30—40 см) устанавливают натриевую лампу и с помощью призмы 6 проектируют пучок света от лампы на основание испытуемой призмы. Вращая лимб, находят в поле зрения трубы линию натрия и укрепляют лимб зажимным винтом. Затем при помощи микрометрического винта наводят крест на верхний край линии натрия и производят отсчет на шкале вертикального круга.

Отсчет производится несколько раз и берется среднее значение угла. Затем призму 6 отводят в сторону, включают водородную трубку и направляют пучок света от нее на основание призмы. Производят те же измерения для линий спектра водорода (C — красная линия водорода, $\lambda = 6563 \text{ \AA}$; F — синяя линия, $\lambda = 4861 \text{ \AA}$).

Из нескольких отсчетов для каждого из углов φ берут среднее значение и вносят поправку на положение нуля.

По полученным значениям углов φ из специальной таблицы для данной эталонной призмы, прилагаемой к прибору, выписывают соответствующее углу φ значение показателей преломления n_D (для линии натрия), n_C и n_F (для линий водорода). Зная эти данные, можно вычислить дисперсию $dn/d\lambda$ испытуемых призм (см. задачу 128).

При наличии специальных таблиц можно производить вычисление дисперсии по показаниям микрометрического винта: в этом случае точность достигает порядка $\pm 2 \cdot 10^{-5}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. См. литературу к задаче 128.
2. А. Г. Б а р т е н е в, Оптические контрольно-измерительные приборы, гл. 7, ОНТИ, 1937.