

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, проф., д.ф.-м.н.

_____ В.И.Бойко

«_____» _____ 2005г.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ
ОРГАНИЧЕСКОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ
С ПОМОЩЬЮ РЕФРАКТОМЕТРА**

методические указания по выполнению лабораторной работы №5 по дисциплине «Материалы ядерной техники» для студентов специальности 140305 (070500) "Ядерные реакторы и энергетические установки"

Томск-2005

УДК 621.039.53(07)

Определение содержания компонентов органического теплоносителя с помощью рефрактометра. Методические указания к лабораторной работе №5 по дисциплине «Материалы ядерной техники». для студентов специальности 140305 (070500).-Томск: Изд. ТПУ, 2005.- 12 с.

Составители: доц. каф. ФЭУ Кадлубович Б.Е.
асс. каф. ФЭУ Ломов И.В.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры «Физико-энергетических установок»

«___»_____2005 г.

Зав.каф. ФЭУ, проф., д.ф.-м.н.

В.И.Бойко

Одобрено методической комиссией ФТФ.

Председатель методической комиссии,

доцент, к.т.н.

В.Д. Каратаев

«___»_____2005 г.

Цель работы: изучение принципа работы рефрактометра и исследование зависимости между показателем преломления раствора и концентрацией компонентов органического теплоносителя

Приборы и оборудование: рефрактометр, набор растворов различной концентрации, пипетка, салфетка.

ВВЕДЕНИЕ

Метод основан на сложной зависимости между показателем преломления IOR (Index of Refraction) раствора и концентрацией растворённых веществ. Значение показателя преломления раствора, определяемого при помощи рефрактометра, зависит от концентрации растворенного вещества и температуры. При неизменной температуре, показатель преломления линейно связан с концентрацией. Для определения концентрации какого-либо другого вещества обычно пользуются эмпирической зависимостью между концентрацией этого вещества в растворе и его показателем преломления при фиксированном значении температуры.

Вследствие взаимодействия электромагнитной волны со средой, изменяется скорость её распространения. Эта зависимость имеет вид: $v=c/n$, где $n=\sqrt{\epsilon\mu}$ - абсолютный показатель преломления вещества, v – скорость света в среде, а c – скорость света в вакууме. При переходе света через границу раздела двух сред, скорость распространения света в которых различна, происходит изменение его направления. Это явление называется преломлением или рефракцией света. Явле-

ние рефракции света легло в основу метода определения концентрации разбавленных растворов по эмпирической зависимости между показателем преломления и концентрацией раствора.

Относительный показатель преломления сред: $n_{21}=n_2/n_1$, где n_2 и n_1 - абсолютные показатели преломления сред.

При переходе света из среды с меньшим показателем преломления (оптически менее плотная среда) в среду с большим показателем преломления (оптически более плотная среда) угол падения луча больше угла преломления. Если луч падает на границу раздела сред под наибольшим возможным углом $i=\pi/2$ (луч скользит вдоль границы раздела сред), то он будет преломляться под углом $r<\pi/2$. Этот угол является наибольшим углом преломления для данных сред и называется предельным углом преломления. Из закона преломления света следует:

$$n_{21} = \frac{\sin(\pi/2)}{\sin r_{np}} = \frac{1}{\sin r_{np}} = \frac{n_2}{n_1}, \text{ откуда } - \sin r_{np} = n_1/n_2.$$

Если свет переходит из оптически более плотной среды в оптически менее плотную, то угол преломления больше угла падения. При некотором угле падения i луча угол преломления равен $\pi/2$, т.е. преломлённый луч скользит вдоль границы раздела сред. При дальнейшем увеличении угла падения преломление не происходит, весь падающий свет отражается от границы раздела сред (полное отражение). Угол i называется предельным углом полного отражения и обозначается i_{np} . Так как $n_{21} = \frac{\sin i_{np}}{\sin(\pi/2)} = \frac{n_2}{n_1}$, то $\sin i_{np} = n_2/n_1$

Таким образом, предельный угол преломления и предельный угол полного отражения для данных сред зависят от их показателей

преломления. Это нашло применение в приборах для измерения показателя преломления веществ - рефрактометрах, используемых при определении чистоты воды, концентрации общего белка сыворотки крови, для идентификации различных веществ и так далее.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Основной частью рефрактометра являются две прямоугольные призмы 1 и 2, сделанные из одного и того же сорта стекла (рис.1,а). Призмы соприкасаются гипотенузными гранями, между которыми имеется зазор около 0,1 мм. Между призмами помещают каплю жидкости, показатель преломления которой требуется определить. Луч света от источника 3 направляется на боковую грань верхней призмы и, преломившись, попадает на гипотенузную грань АВ. Поверхность АВ матовая, поэтому свет рассеивается и, пройдя через исследуемую жидкость, падает на грань CD нижней призмы под различными углами от 0 до 90°. Если показатель преломления жидкости меньше показателя преломления стекла, то лучи света входят в призму 2 в пределах от 0 до r_{np} . Пространство внутри этого угла будет освещенным, а вне его – тёмным. Таким образом, поле зрения, видимое в зрительную трубу, разделено на две части: тёмную и светлую. Положение границы раздела света и тени определяется предельным углом преломления, зависящим от показателя преломления исследуемой жидкости.

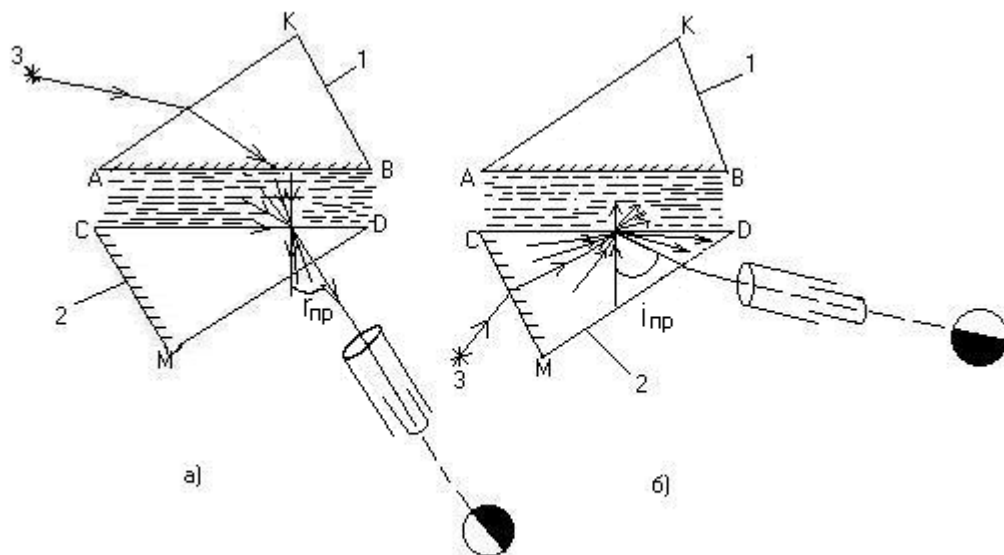


Рис.1

Если исследуемая жидкость имеет большой показатель поглощения (мутная, окрашенная жидкость), то во избежание потерь энергии при прохождении света через жидкость измерения проводят в отраженном свете. Ход лучей в рефрактометре в этом случае показан на рис.1,б. Луч света от источника проходит через матовую боковую грань CM нижней призмы 2. При этом свет рассеивается и падает на гипотенузную грань CD , соприкасающуюся с исследуемой жидкостью, под всевозможными углами от 0 до 90° . Если жидкость оптически менее плотная, чем стекло, из которого изготовлена призма, то лучи, падающие под углами, большими i_{np} , будут испытывать полное отражение и выходить через вторую боковую грань нижней призмы в зрительную трубу. Поле зрения, видимое в зрительную трубу, так же как и в первом случае, окажется разделенным на светлую и темную части. Положение границы раздела в данном случае определяется предельным углом полного отражения, также зависящем от показателя преломления исследуемой жидкости.

С помощью этого прибора можно исследовать вещества, показатель преломления которых меньше показателя преломления стекла измерительных призм. Оптическая система рефрактометра изображена на рис. 2.

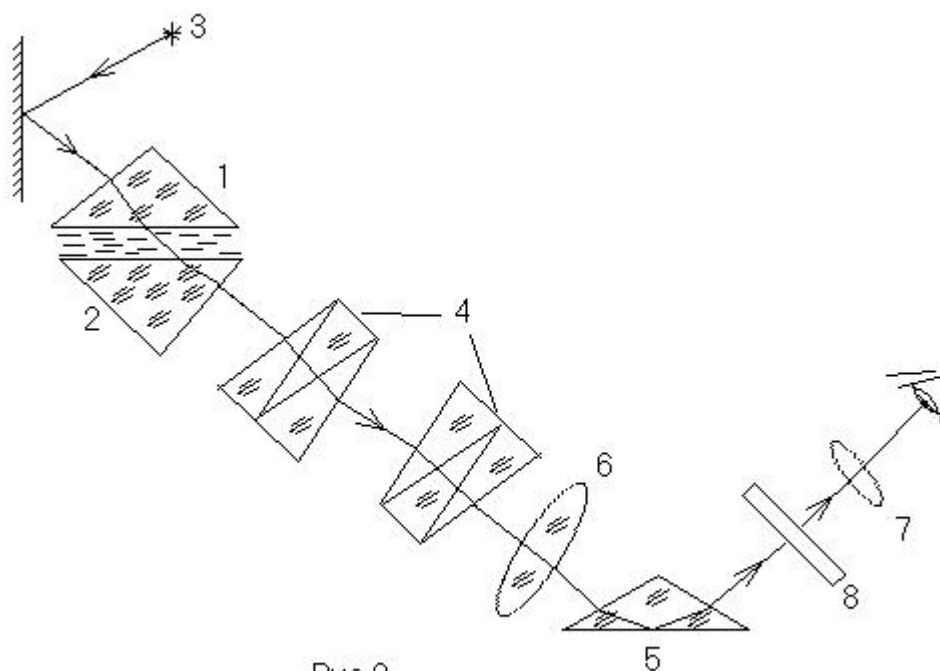


Рис.2

В рефрактометре используется источник 3 белого света. Вследствие дисперсии при прохождении светом призм 1 и 2 граница света и тени оказывается окрашенной. Во избежание этого перед объективом зрительной трубы помещают компенсатор 4. Он состоит из двух одинаковых призм, каждая из которых склеена из трех призм, обладающих различным показателем преломления. Призмы подбирают так, чтобы монохроматический луч с длиной волны $\lambda = 589,3$ мкм. (длина волны желтой линии натрия) не испытывал после прохождения компенсатора отклонения. Лучи с другими длинами волн отклоняются призмами в различных направлениях. Перемещая призмы

компенсатора с помощью специальной рукоятки, добиваются того, чтобы граница света и темноты стала возможно более чёткой.

Лучи света, пройдя компенсатор, попадают в объектив 6 зрительной трубы. Изображение границы раздела свет – тень рассматривается в окуляр 7 зрительной трубы. Одновременно в окуляр рассматривается шкала 8. Так как предельный угол преломления и предельный угол полного отражения зависят от показателя преломления жидкости, то на шкале рефрактометра сразу нанесены значения этого показателя преломления.

Оптическая система рефрактометра содержит также поворотную призму 5. Она позволяет расположить ось зрительной трубы перпендикулярно призмам 1 и 2, что делает наблюдение более удобным.

В общей фокальной плоскости объектива и окуляра зрительной трубы помещают стеклянную пластинку, на которую нанесена визирная линия (или крест, образованный тонкими нитями). Перемещением зрительной трубы добиваются совпадения визирной линии с границей свет – тень и по шкале определяют показатель преломления исследуемой жидкости. В некоторых современных рефрактометрах зрительная труба укрепляется неподвижно, а система измерительных призм может поворачиваться.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подготовка прибора к работе:

- а) расположите источник света так, чтобы наблюдения проводились в проходящем свете;
- б) откиньте верхнюю призму рефрактометра и пипеткой нанесите на нижнюю призму 2-3 капли дистиллированной воды. Опустите верхнюю призму и фокусируя окуляр, получите резкие изображения поля зрения, визира и шкалы;
- г) перемещая зрительную трубу, получите в поле зрения границу свет-тень. Линия раздела должна быть резкой и без цветной окраски, что достигается поворотом рукоятки компенсатора;
- д) совместите визир с границей раздела свет-тень. При правильной настройке рефрактометра показание шкалы должно соответствовать показателю преломления воды $n = 1,333$ (при 20°C).

2. Исследование зависимости показателя преломления органических жидкостей от концентрации:

- а) измерьте показатели преломления n растворов различной концентрации C . Для этого на нижнюю призму нанесите поочередно растворы различной концентрации и, совмещая визир с границей раздела свет – тень, определите по шкале показатели преломления растворов. Повторите измерения для раствора.) результаты измерений занесите в таблицу:

Таблица 1

$C, \%$	n_1	n_2	n_3	$\langle n \rangle$

- б) По трем измерениям показателя преломления производите усреднение и найдите $\langle n \rangle$. Занесите результат в таблицу 1.
- в) постройте график зависимости показателя преломления от концентрации $n = f(C)$;
- г) измерьте показатель преломления n_x раствора неизвестной концентрации. Определите по графику концентрацию C_x этого раствора;
- д) найдите по графику погрешность ΔC_x измерения концентрации раствора;
- е) предложите способ измерения концентрации многокомпонентных смесей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте законы отражения и преломления света.
2. Что называется предельным углом преломления?
3. В чем заключается явление полного отражения?
4. Что называется предельным углом полного отражения?
5. Опишите устройство рефрактометра. Для чего он применяется?
6. Начертите ход лучей в рефрактометре в проходящем и отраженном свете.
7. Для чего гипотенузная грань верхней призмы делается матовой?
8. Чем определяется положение границы свет – тень в рефрактометре?
9. Определите, при каком угле падения луч, отраженный от границы раздела двух сред перпендикулярен преломленному лучу.
10. Какие оптические свойства вы знаете? От чего они зависят?