Лабораторная работа № 28

определение показателя преломления вещества с помощью рефрактометра

**Цель работы:** изучить устройство и принципы работы рефрактометра, исследовать зависимости показателя преломления раствора от его концентрации, ознакомиться с некоторыми методами исследования и анализа вещества, основанными на измерении его показателя преломления.

**Приборы и принадлежности:** рефрактометр, растворы различной концентрации (сахар, NaCl и другие вещества), дистиллированная вода, спирт, глицерин, вата или бинт для протирки призм рефрактометра.

### Теория работы

Луч света при переходе через границу двух сред изменяет свое направление распространения. Это явление называется преломлением или рефракцией света.

Рассмотрим законы отражения и преломления света.

Законы отражения света:

1.Луч падающий и отраженный лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным к границе раздела двух сред в точке падения.



Рис.1

Рис.2

Рис.3

2.Угол падения α равны углу отражения, см. рис.1.

Законы преломления света:

1.Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела двух сред в точке падение, лежат в одной плоскости.

2.Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных сред:

, (1)

где  и  - скорость света в первой и второй средах, соответственно n2,1 – показатель преломления второй среды относительно первой (относительный показатель преломления).

Отношение скорости света в вакууме к скорости  его распространения в данной среде называется абсолютным показателем преломления n среды: . Тогда , т.е. относительный показатель преломления сред равен отношению абсолютных показателей преломления этих сред.

Если свет переходит из среды с меньшим показателем преломления в среду с большим показателем преломления, то в соответствии с (1), угол падения будет больше угла преломления. При падении луча под наибольшим возможным углом (α =  , т.е. луч скользит вдоль границы раздела сред), угол преломления βпр будет наибольшим для данных сред и называется предельным углом преломления (рис.2).

Подставляя α = 900 и βпр в (1), получим:  (2), откуда: .

Используя последнее выражение, можно найти показатель преломления исследуемой жидкости.

Если свет переходит из оптически более плотной среды в среду оптически менее плотную, то угол преломления будет больше угла падения. С увеличением угла падения увеличивается и угол преломления (рис.3) до тех пор, пока при некотором угле падения α = αпр угол преломления окажется равным . Угол αпр – предельный угол полного отражения. При углах падения α > αпр весь падающий свет полностью отражается в первую среду (полное внутреннее отражение).

Таким образом, предельный угол преломления и предельный угол полного отражения для различных веществ в растворе зависит от их показателей преломления, определяемых концентрацией раствора.

Это нашло применение в рефрактометрах – приборах для измерения показателя преломления веществ. Рефрактометры используют при определении общего белка сыворотки крови, чистоты воды и других веществ, для идентификации веществ; определения растворимости; рефрактометрического детектирования веществ в жидкостной хроматографии и особенно при изучении жидких и растворимых соединений.

При взаимодействии света (электромагнитная волна) с диэлектриками, под воздействием электрической составляющей волны происходит поляризация диэлектрика – процесс ориентации диполей или появления под действием электрического поля ориентированных по полю диполей.

Степень поляризации диэлектрика характеризуют дипольным моментом единицы объема  (вектор поляризации или поляризованность среды), который равен произведению дипольного момента каждой молекулы  на число молекул N в единице объема:

=∙N.

Момент диполя =. Для большинства диэлектриков поляризованность  - прямо пропорциональна напряженности Е электрического поля в диэлектрике:  = , где α – коэффициент поляризуемости или просто поляризуемость, характеризующая строение молекулы. Учитывая, что в диэлектриках различают поляризацию трех видов (электронную, ориентационную, ионную), полную поляризуемость α можно представить как сумму: α = αэл+ αор+ αи. В области оптических частот αори αи  можно пренебречь и считать, что ααэл.

В основе рефрактометрического метода исследования вещества лежит формула Лоренц-Лорентца, связывающая показатель преломления n изотропного вещества с числом Авогадро NA, молярной массой М, поляризуемость αэл  молекул вещества:

, (3)

где RМ молекулярная рефракция вещества. Выражение:

 (4)

называется удельной рефракцией вещества.

Для каждого элемента удобно ввести понятие атомной рефракции R = rA =  (5) (А – атомная масса) и молекулярной рефракции RМ = rМ =  (6). Опыт показывает, что во многих случаях молекулярная рефракция обладает свойством аддитивности:

RМ = g1A1r1 + g2A2r2 + …= g1R1 + g2R2 +… (7)

где g1 >g2… - число атомов элемента, входящего в состав молекулы.

Аддитивность молекулярной рефракции означает, что взаимодействие отдельных атомов с полем световой волны не зависит от других атомов, входящих в состав той же молекулы.

В работе исследуется рефракции соединений из углерода, водорода и кислорода: вода (H2O), глицерин (С3Н8О3), этиловый спирт (С2Н6О), алмаз (С) и лед (Н2О). Если измерить показатели преломления первых трех соединений, то, используя аддитивность молярной рефракции, можно вычислить показатель преломления любого другого соединения из углерода, водорода и кислорода, например, алмаза и льда. Для этого по измеренным показателям преломления воды, глицерина и спирта необходимо вычислить по формуле (6) молекулярные рефракции этих веществ, а затем рассчитать атомные рефракции Rc , RH  и Ro, решив систему из 3-х уравнений с 3-мя неизвестными:

= 2RH + RO

 = 3RC + 8RH + 3RO

 = RC + 6RH + RO

По найденным значениям RC, RH, RO можно найти молекулярную рефракцию льда и алмаза и вычислить по формуле (6) ожидаемые величины их показателей преломления (значения ρ и М берутся из таблиц).

**Описание установки**

Рефрактометр лабораторный (РЛ) предназначен для определения показателя преломления жидкости в пределах 1,3000 – 1,5400 (шкала показателей преломления) и содержание сухих веществ по сахарозе в продуктах в пределах 0-95%(шкала сухих веществ).

В основу конструкции прибора положен метод определения показателя преломления исследуемого раствора по предельному углу преломления (для прозрачных жидкостей) или углу полного внутреннего отражения (для мутных, окрашенных жидкостей).



Рис. 4

Основной частью рефрактометра являются две прямоугольные призмы: 1 – осветительная и 2 – измерительная (рис.4) изготовленные из одного и того же сорта стекла.

Призмы соприкасаются гипотенузными гранями с зазором мм. При определении n для прозрачных жидких сред между призмами помещают несколько капель жидкости. Луч света от источника 3 направляется на боковую грань верхней призмы и, после преломления, попадает на гипотенузную грань АВ. Поверхность АВ матовая, поэтому свет рассеиваясь, и пройдя через исследуемую жидкость, падает на грань СД нижней призмы под различными углами от 0 до 900 . Если показатель преломления жидкости меньше показателя преломления призмы, то лучи света входят в призму 2 под углами от 00 до βпр. Пространство внутри этого угла будет освещенным, а вне его – темным. Положение границы раздела света и тени определяется предельным углом преломления, зависящим от показателя преломления исследуемой жидкости. Оптическая схема прибора показана на рис.5.



Рис.5

В рефрактометре используется источник белого света 3. Из-за дисперсии при прохождении светом призм 1 и 2 граница света оказывается окрашенной. Для устранения спектральной окраски границы светотени перед объективом 6 зрительной трубы помещают компенсатор 4. Он состоит из трех призм, обладающих разными показателями преломления. Призмы подбирают так, чтобы луч с λ = 589,3 нм (длина волны желтой линии Na) не испытывал отклонения. Лучи с другими длинами волн отклоняются призмами в различных направлениях. С помощью специальной ручки, вращающей компенсатор, убирают окраску границы раздела света и тени и добиваются ее резкости. Лучи света, пройдя компенсатор, попадают в объектив зрительной трубы 6. Изображение границы светотени рассматривается через окуляр 7. Одновременно в окуляр рассматривается шкала 8 и визирная линия в виде трех штрихов, нанесенных на стеклянную пластину 9. Поворотная призма 5 поворачивает луч на 900 по конструктивным соображениям.

**Порядок выполнения работы**

**1. Определение показателя преломления раствора сахара и исследование зависимости показателя преломления от концентрации раствора.**

1. Установить источник света 3 (рис.6) так, чтобы освещалась верхняя призма 1.
2. Откинуть верхнюю призму 1 и нанести пипеткой 3-4 капли воды на измерительную призму 2. Плавно опустить призму 1.
3. Вращая окуляр 5, добиться четкого изображения шкалы и трех штрихов. Перемещая окуляр 5 рычагом 6, найти границу светотени. Если граница окрашена, то рычагом 4 компенсатора устранить окраску, зафиксировать рычаг винтом 7 и, вращая рычаг 6, точно совместить границу светотени с тремя штрихами.
4. 

   Рис. 7

   

   Рис. 6

   По левой шкале (рис.7) отсчитать показатель преломления. При правильной настройке прибора штриховая линия для воды совпадает с делением 1,333 шкалы. Если показания будут другие, необходимо промыть тщательно призму и вновь определить n для воды. В случае отличия показаний от 1,333 необходимо учесть систематическую ошибку в последующих измерениях.
5. Проверив настройку прибора, на нижнюю призму нанести поочередно растворы различной концентрации и определить их показатели преломления. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n |  |  |  |  |  |  |  | nx |
| C% |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Построить график зависимости показателя преломления от концентрации раствора n = f(c).
2. Измерить показатель преломления раствора неизвестной концентрации и по графику найти концентрацию этого раствора.

**2. Проверка аддитивности молекулярной рефракции и определения ожидаемых показателей преломления вещества.**

1. Измерить показатели преломления воды, глицерина и спирта.
2. Рассчитать по формуле (6) молекулярные рефракции воды , глицерина и спирта . Используйте данные таблицы 2.
3. Решив систему уравнений (9), рассчитать атомные рефракции RC, RH, R0.
4. Используя полученные значения RC, RH, R0, рассчитать по формуле (7) молекулярные рефракции льда  и алмаза RC, а затем по формуле (6) ожидаемые величины показателей преломления льда и алмаза. Сравните полученные значения с табличными. Сделать вывод. Данные занести в таблицу 3.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Формула | Плотность ρ, г/см3 | Молярная масса, М, г/моль | Показатель преломления n |
| Вода  Глицерин  Этиловый спирт  Лед  Алмаз | Н2О  С3Н8О3  С2Н6О  Н2О  С | 1  1,26  0,8  0,917  3,515 | 18  92  46  18  12 | 1,3329  1,470  1,362  1,333  2,42 |

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n  H2O | n  C3H8O3 | n  C2H6O | Молекулярные  рефракции | | | Атомные  рефракции | | | Молекулярные рефракции | | n  H2O  лед | nC  ал-маз |
| R  C3H8O3 | R  H2O | R  C2H6O | RC | RH | RO | R  H2O | RC |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте законы отражения и преломления света.
2. Что такое абсолютный и относительный показатели преломления?
3. В чем состоит явление полного внутреннего отражения? Как найти угол предельного отражения?
4. Запишите уравнение Лоренц-Лорентца и выражение для удельной рефракции.
5. Что такое поляризация?
6. Чем характеризуется степень поляризации диэлектрика?
7. Что такое поляризованность и поляризуемость диэлектрика?
8. Что такое атомная и молекулярная рефракция?
9. Что означает аддитивность молекулярной рефракции?
10. Начертите оптическую схему рефрактометра.
11. Почему измерения начинают с воды?
12. С какой целью используется рефрактометр

в медико-биологических исследованиях?