

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 13.03.2023 10:45:42

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d082

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра общей и прикладной физики



Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
_____ 2015 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА

Методические указания к выполнению
лабораторной работы № 84
по разделу «Оптика. Атомная и ядерная физика»
для студентов инженерно-технических специальностей

2

Курск 2015

УДК 535

Составители: Л.П. Петрова, А.Г. Беседин

Рецензент

Доктор физико-математических наук, профессор *Н.М. Игнатенко*

Исследование поглощения света: методические указания по выполнению лабораторной работы № 84 по разделу: «Оптика. Атомная и ядерная физика» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л.П. Петрова, А.Г. Беседин - Курск, 2015. - 8 с.: ил. 2. - Библиогр.: с.8.

Содержат сведения по изучению поглощения оптически прозрачных сред.

Методические указания соответствуют требованиям Федеральных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС), Федерального компонента цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин, а также рабочим учебным планам и рабочим программам по курсам разделов общей физики всех технических специальностей (направлений) подготовки ЮЗГУ.

Предназначены для студентов инженерно-технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.
Усл.печ.л. Уч.-изд.л. Тираж 100 экз. Заказ.
Бесплатно.

Юго-западный государственный университет.
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Лабораторная работа № 84

Исследование поглощения света

Цель работы: научиться использовать явление поглощения света для определения коэффициентов пропускания, оптической плотности жидких и твердых тел, а также концентрации веществ в растворах.

Принадлежности: колориметр фотоэлектрический КФК-2 с набором светофильтров, кюветы с раствором.

Теоретическое введение

При прохождении световой волны через вещество, некоторая часть энергии волны затрачивается на возбуждение колебаний электронов. Частично эта энергия возвращается излучению в виде вторичных волн, порождаемых электронами, частично переходит в тепло, т.е. в энергию движения атомов. Таким образом, интенсивность света уменьшается – свет поглощается.

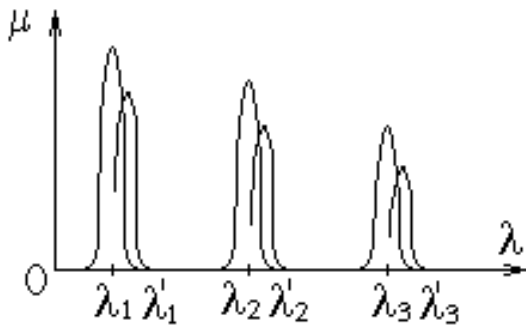
Если I_0 – интенсивность света, падающего на поверхность прозрачного слоя толщиной l , а I – интенсивность света, вышедшего из вещества, то уменьшение интенсивности в слое dx : $dI = -\mu I dx$, где μ – линейный коэффициент поглощения, зависящий от природы вещества и длины волны света λ , а знак “-” показывает, что с увеличением толщины поглощающего слоя, интенсивность прошедшего света уменьшается.

$$\int_{I_0}^I \frac{dI}{I} = -\int_0^l \mu dx, \ln I - \ln I_0 = -\mu l$$

$$I = I_0 e^{-\mu l} \text{ – закон Бугера.} \quad (1)$$

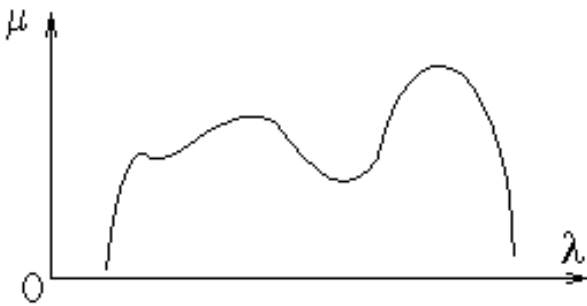
При $l = 1/\mu$ интенсивность $I = I_0/2,72$. Таким образом, численное значение α показывает, что при толщине слоя $1/\mu$ интенсивность волны падает в 2,72 раза.

Зависимость $\mu(\lambda)$ определяет спектр поглощения данного вещества. Вещества в парообразном состоянии поглощают свет только в тех областях, в которых частота падающей волны будет равна собственной частоте колебаний электронов внутри атомов



(атомы не взаимодействуют друг с другом). В результате образуется линейчатый спектр поглощения.

В твердых телах, жидкостях и газах при высоких давлениях атомы не изолированы, они взаимодействуют друг с другом, поэтому полосы поглощения расширяются и сливаются в сплошной спектр. Резонансные частоты уже почти не разделены интервалами.



Для металлов $\mu \sim 10^6 \text{ м}^{-1}$, что обусловлено наличием у них свободных электронов. Электроны колеблются под действием поля волны, образуя быстропеременные токи. В итоге энергия света переходит в джоулево тепло и наблюдается полное поглощение света,

поэтому металлы являются непрозрачными для света.

Чаще всего для характеристики плоскопараллельного слоя исследуемого вещества применяют коэффициент пропускания τ , представляющий собой отношение интенсивностей прошедшего и поглощенного света. Этот коэффициент учитывает как потери света внутри вещества, так и потери за счет отражений от поверхности слоя. Расчет показывает, что в случае плоскопараллельного слоя оптически однородного вещества:

$$\tau = (t - r)^2 e^{-\mu l}, \quad (2)$$

где r – коэффициент отражения каждой поверхности, l – толщина слоя.

Как и μ , коэффициент τ зависит от природы вещества и длины волны света λ . Зависимость $\tau(\lambda)$ характеризует спектр пропускания данного слоя вещества. Чтобы определить коэффициент поглощения μ по формуле (2), надо знать не только τ , но и толщину слоя и r . Роль отражения можно исключить, если взять два образца из одинакового вещества, но разной толщины l . Тогда отношение ко-

эффициентов светопропускания этих образцов будет зависеть только от произведения μ на разность их толщины. Сократив коэффициент перед экспонентой, получим:

$$\mu = \frac{\ln(\tau_2/\tau_1)}{l_1 - l_2} \quad (3)$$

В качестве меры поглощения света используется также оптическая плотность:

$$D = \lg \frac{I_0}{I} = \lg e^{\mu l} = \lg \frac{1}{\tau} = 2 - \lg \tau_{\%}, \quad (4)$$

где $\tau_{\%} = \tau \cdot 100\%$. Таким образом, величины μ , r , D определяются опытным путем на основе нахождения значения τ .

В лабораторной работе исследование поглощения света проводится при помощи фотоэлектрического колориметра КФК-2. Колориметрия (от латинского *color* - цвет и греч. *metréo* - измеряю) – группа фотометрических методов количественного анализа, направленных на определение концентрации вещества в окрашенном растворе путем измерения количества света, поглощенного этим раствором.

Действие колориметра основано на свойстве окрашенных растворов поглощать проходящий через них свет тем сильнее, чем выше в них концентрация окрашивающего вещества. Все измерения с помощью колориметра производятся в монохроматическом свете того участка спектра, который наиболее сильно поглощается данным веществом в растворе (и слабо – другими компонентами раствора). Поэтому колориметры снабжаются набором светофильтров; применение различных светофильтров с узкими спектральными диапазонами пропускаемого света позволяет определять по отдельности концентрации разных компонентов одного и того же раствора.

Принцип измерения коэффициента пропускания при помощи колориметра КФК-2 состоит в том, что на фотоприемник направляются поочередно световые потоки I_0 и I , а затем определяется их отношение. Для нахождения этого отношения вначале в световой поток помещают кювету с растворителем или контрольным раствором. Изменяя чувствительность колориметра нужно добиться, чтобы отсчет по шкале коэффициентов пропускания колориметра

был равен 100. То есть полный световой поток I_0 условно принимается равным 100%. Затем в световой пучок помещают кювету с исследуемым раствором. Полученный отсчет по шкале коэффициентов пропускания будет соответствовать I , то есть будет равен τ_2 . Затем по (4) находим D , и поочередно подставляя в светопоток колориметра кюветы с одинаковыми по составу растворами, но разными длинами l_1 и l_2 , аналогично определяем τ_1 и τ_2 , а затем по (3) величину μ в том или ином диапазоне длин волн в зависимости от выбранного светофильтра. Концентрацию же раствора можно найти по D , используя градуировочную кривую, построенную по нескольким значениям D для растворов с известными (заданными) концентрациями.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с расположением ручек управления на передней панели колориметра. Слева находится переключатель светофильтров, вмонтированных в диск. Рабочее положение каждого диска фиксируется и имеет маркировку. Так 1-й диск-светофильтр максимально пропускает свет с $\lambda = 315$ нм (с полосой 35 ± 15 нм); 2-й = 364 (25 ± 10); 3-й = 400 (45 ± 10); 4-й = 440 (40 ± 15); 5-й = 490 (35 ± 10); 6-й = 540 (25 ± 10); 7-й = 590 (25 ± 10); 8-й = 670 (20 ± 5); 9-й = 750 (20 ± 5); 10-й = 870 (25 ± 5); 11-й = 990 (25 ± 5 нм). Каждый из этих светофильтров имеет свой максимальный коэффициент пропускания. Внизу в центре расположен переключатель кювет 1 и 2, фиксирующий светопучки на них в соответствующих крайних положениях этого переключателя. Над ним находится крышка кюветного отделения, при её открытии шторка закрывает окно перед фотоприемниками, измеряющими интенсивность света с выводом сигнала на шкалу регистрирующего прибора, оцифрованную в единицах коэффициента пропускания τ и оптической плотности D . Переключение фотоприемников осуществляется ручками справа («чувствительность» и «установка 100 грубо»). Кюветы устанавливаются в кюветодержатель, который помещают под крышку кюветного отделения.

2. Подготовить прибор к работе. Для этого колориметр включить в сеть за 15 минут до начала измерений. Во время прогрева кюветное отделение должно быть открыто.

3. Зафиксировать рукояткой нужный цветовой светофильтр 4-й = 440 (40 ± 15); 5-й = 490 (35 ± 10).

4. Установить минимальную чувствительность колориметра. Для этого ручку «чувствительность» установить в положение «1», а ручку «установка 100 грубо» в крайнее левое положение.

5. Перед измерениями и переключением фотоприемника проверить установку стрелки колориметра «0» по шкале коэффициента пропускания T при открытом кюветном отделении (крышка поднята вверх). При смещении стрелки от нулевого положения, ее подводят к нулю с помощью потенциометра НУЛЬ.

6. В пучок поместить кювету с растворителем или контрольным раствором, по отношению к которому производятся измерения, а также с исследуемым раствором.

7. Закрыть крышку кюветного отделения.

8. Ручками «чувствительность», «установка 100 грубо» и «точно» установить отсчет 100 по шкале прибора. Ручка «чувствительность» может при этом находиться в одном из трех положений - «1», «2» или «3».

9. Затем поворотом рукоятки переключить светопоток на кювету с исследуемым раствором.

10. Снять отсчет по шкале колориметра, соответствующий коэффициенту пропускания исследуемого раствора в процентах, или по шкале в единицах оптической плотности.

11. Измерения проводить 3-5 раз и окончательное значение измерений величины определить как среднее арифметическое из полученных значений.

12. Для определения неизвестной концентрации раствора нужно произвести измерение величины D для него (3-5 раз), а затем по градуировочной кривой определить концентрацию C %. На градуировочной кривой нанесена зависимость D (C %), построенная для того же светофильтра и кюветы, для которых измеряется оптическая плотность D_x , раствора с неизвестной концентрацией C_x .

13. По окончании работы на колориметре ручки «чувствительность», «установка 100 грубо» привести в крайнее левое положение, затем включить тумблер «сеть».

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Перед каждым измерением кюветы должны тщательно протираться спирта - эфирной смесью. При установке кювет нельзя касаться пальцами их рабочих участков (ниже уровня жидкости в кювете).

2. Наливать жидкость в кюветы нужно до метки на их боковых стенках.

3. Выбор оптимального размера кюветы производится для раствора средней концентрации (из всех намеченных для измерения). Если для него оптическая плотность составляет 0,3 – 0,5, то при данной кювете ошибка измерений будет минимальной.

4. Светофильтр для работы выбирается так, чтобы длина волны, соответствующая максимуму коэффициента пропускания светофильтра, приходилась на определенный участок спектральной кривой испытываемого раствора. Он находится по экспериментальному графику зависимости $D(\lambda)$ испытываемого раствора и соответствует максимальной величине D .

Контрольные вопросы:

1. Поглощение света, закон Бугера.
2. Спектры поглощения веществ в различных состояниях.
3. Колориметры и колориметрия.
4. В чем состоит принцип измерения коэффициента пропускания при помощи колориметра КФК-2?

Библиографический список:

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие. -М.: Академия, 2015. - 560 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т.4. Оптика: учебное пособие для физических специальностей вузов / Д.В. Сивухин. – 3-е изд., стер. – М. : Физматлит, 2013. – 792 с.