

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

Д.В. Ананьев, А.Г. Четверикова, Э.К. Гадаева

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ ПРОПУСКАНИЯ СВЕТОФИЛЬТРОВ. ПРОВЕРКА ЗАКОНА БУГЕРА

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 010801.65 Радиофизика и электроника, 010707.65 Медицинская физика, направлению подготовки 011200.68 Физика

Оренбург
2012

УДК 535.3(076.5)
ББК 22.343я7
А64

Рецензент – профессор, доктор физико-математических наук М.Г.
Кучеренко

Ананьев, Д.В.
А64 Изучение спектров пропускания светофильтров. Проверка закона Бугера: методические указания / Д.В. Ананьев, А.Г. Четверикова, Э.К. Гадаева; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 17 с.

Методические указания содержат методику изучения спектров пропускания светофильтров с помощью фотоэлектрического концентрационного колориметра КФК -2.

Методические указания предназначены для выполнения физического спецпрактикума для студентов специальностей: 010801.65 Радиофизика и электроника, 010707.65 Медицинская физика и направления подготовки 011200.68 Физика очной формы обучения.

УДК 535.3(076.5)
ББК 22.343я7

© Ананьев Д.В.,
Четверикова А.Г.,
Гадаева Э.К., 2012
© ОГУ, 2012

1 Лабораторная работа. Изучение спектров пропускания светофильтров. Проверка закона Бугера

Цель работы: 1) качественное изучение спектров пропускания светофильтров.

2) проверка и использование закона Бугера для расчета коэффициента поглощения K_λ .

1.1 Теоретическая часть

Светофильтр – устройство, меняющее спектральный состав и энергию падающего на него оптического излучения.

Основная характеристика светофильтров – зависимость коэффициента пропускания от длины волны излучения λ (*спектральная характеристика*). Коэффициентом пропускания среды называется отношение потока излучения, прошедшего через среду, к потоку, упавшему на ее поверхность.

Селективные светофильтры предназначены для выделения или поглощения какого-либо участка спектра. В сочетании с приемниками оптического излучения эти светофильтры изменяют их спектральную чувствительность. (*Нейтральные светофильтры* равномерно ослабляют поток излучения в определенной области спектра.)

Действие светофильтра может быть основано на любом оптическом явлении, обладающем спектральной избирательностью, в том числе, и на явлении поглощения света. (*Абсорбционные светофильтры.*)

Наиболее распространены *стеклянные абсорбционные* светофильтры, которые отличаются постоянством спектральных характеристик, устойчивостью к воздействию света и температуры, высокой оптической однородностью. Используя одно, два, а иногда и три стекла, и, меняя их толщину, можно получать стеклянные светофильтры с разнообразными спектральными свойствами.

Жидкостные абсорбционные светофильтры используют сравнительно редко. К их достоинствам относится возможность изготовления в лабораторных условиях и плавное изменение характеристик при изменении концентраций компонентов раствора.

Как известно, *окраска* прозрачных тел, определяется их спектром пропускания.

Если, какое-либо тело при его освещении сплошным спектром *имеет красный цвет*, то это означает, что тело сильно *поглощает зелено-фиолетовую часть спектра*. Если вещество сильно поглощает излучение всех длин волн, кроме зеленых, то можно подобрать такую толщину слоя этого вещества, чтобы при пропускании через него белого света (сплошного спектра) в прошедшем излучении почти отсутствовали все участки спектра,

кроме зеленого.

Для изготовления светофильтров обычно подбирают красители – вещества, молекулы которых поглощают свет в заданных интервалах длин волн, и вводят их в состав стекла, слоя желатина или прозрачной пластмассы.

Поглощение света – это уменьшение интенсивности оптического излучения, проходящего через среду, заполненную веществом, вследствие превращения его в различные виды внутренней энергии вещества.

Основным законом, описывающим поглощение, является закон Бугера, связывающий интенсивность I пучка света, прошедшего слой поглощающей среды толщиной X , с интенсивностью падающего пучка I_0 .

Закон Бугера был экспериментально установлен в 1729 г. французским физиком П. Бугером и впоследствии теоретически получен немецким ученым И. Ламбертом.

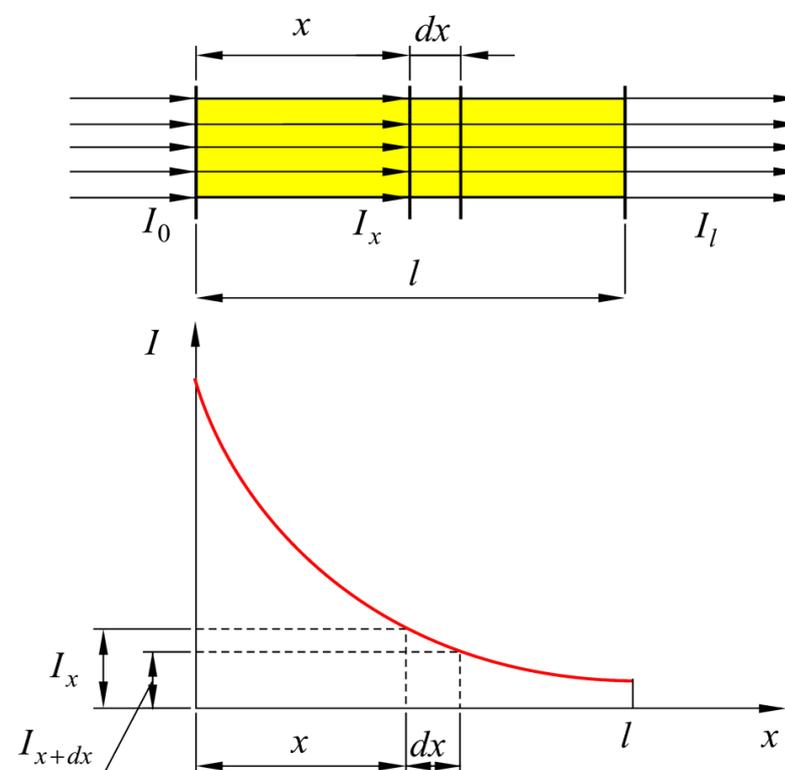


Рисунок 1 - Изменение интенсивности параллельного пучка света в плоском слое изотропного однородного вещества

При этом было высказано предположение, что при прохождении любого слоя вещества интенсивность светового потока уменьшается на определенную долю $\frac{dI_\lambda}{I_\lambda}$, зависящую только от некоторой величины k_λ и толщины слоя dx (рисунок 1):

$$\frac{dI_\lambda}{I_\lambda} = -k_\lambda dx. \quad (1)$$

Решением этого дифференциального уравнения и является закон Бугера

$$I_{\lambda} = I_{0\lambda} e^{-k_{\lambda} x}. \quad (2)$$

Величина k_{λ} называется *коэффициентом поглощения*, причем k_{λ} , как правило, различен для разных длин волн.

Величина k_{λ} не зависит от интенсивности падающего света $I_{0\lambda}$ и толщины поглощающего слоя. С современной точки зрения физический смысл этого состоит в том, что сам *процесс потери фотонов*, характеризуемый k_{λ} , не зависит от их плотности в световом пучке, то есть от интенсивности света, а также и от толщины поглощающего слоя¹ в рамках линейной оптики.

Прологарифмируем выражение (2) и выразим k_{λ} , получим

$$k_{\lambda} = \left(\ln \frac{I_{0\lambda}}{I_{\lambda}} \right) \frac{1}{x}. \quad (3)$$

Отсюда видно, что коэффициент поглощения k_{λ} – величина, обратная расстоянию X , на котором монохроматический поток излучения ослабляется в e раз, $\left(\frac{I_{0\lambda}}{I_{\lambda}} = e \right)$, где e – основание натурального логарифма. Измеряется k_{λ} в M^{-1} .

Зависимость k_{λ} от длины волны света называется спектром поглощения вещества. Характер спектра поглощения в данной спектральной области определяется природой и строением молекул поглощающего вещества.

Наблюдаемый экспериментально спектр поглощения *изолированных атомов* (разреженные газы) имеет вид узких линий, т.е. k_{λ} отличен от нуля только в определенных *узких* диапазонах длин волн.

Молекулярный спектр поглощения состоит из *широких* областей длин волн, в которых поглощение значительно (*полосы поглощения*).

Поглощение *твердых тел* характеризуется, как правило, очень широкими областями с большим значением k_{λ} .

Основной энергетической характеристикой излучения является плотность лучистого потока, то есть поток энергии, проходящий в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярно направлению

¹ Здесь не учитывается возможный эффект интерференции световых волн, отраженных от первой и второй границ слоя, который в зависимости от разности фаз волн (в зависимости от оптической толщины слоя) может приводить или к увеличению, или к уменьшению энергии отраженной от слоя энергии.

излучения. В системе СИ плотность потока излучения измеряется в Ваттах на квадратный метр: 1 Вт/м^2 .

Отношение интенсивности прошедшего через тело светового потока к интенсивности потока, падающего на него, называется коэффициентом пропускания:

$$\tau_\lambda = \frac{I_\lambda}{I_{0\lambda}} \quad (6)$$

Отношение $I_{0\lambda}/I_\lambda$ показывает, во сколько раз исследуемый раствор ослабляет падающий на него световой поток. Однако при сильном поглощении $I_\lambda \ll I_{0\lambda}$, и дробь $I_{0\lambda}/I_\lambda$ принимает очень большие числовые значения. Поэтому удобнее иметь дело не со значениями $I_{0\lambda}/I_\lambda$, а их логарифмами. Логарифм величины, обратной коэффициенту пропускания, называется оптической плотностью:

$$D_\lambda = \ln \frac{I_{0\lambda}}{I_\lambda} = \ln \frac{1}{\tau_\lambda}. \quad (7)$$

Чем больше поглощение света в образце, тем больше его оптическая плотность. Очевидно, что и коэффициент пропускания и оптическая плотность есть величины безразмерные. Бугер и Ламберт экспериментально доказали возможность представить оптическую плотность D в виде двух независимых сомножителей, которая вытекает из формул (3) и (7):

$$D_\lambda = k_\lambda x, \quad (8)$$

где x – длина пути светового потока в поглощающей среде;

k_λ – натуральный показатель поглощения света в данной среде («натуральный» - потому, что в формуле (3) договорились применять натуральные, а не какие-нибудь другие логарифмы). Заметим, что формула $D_\lambda = k_\lambda x$ при $x=1$ принимает вид $D = k_\lambda$. Отсюда следует возможность определить натуральный показатель поглощения k_λ как оптическую плотность слоя поглотителя единичной толщины. При этом оптическая плотность D_λ увеличивается с ростом x по линейному закону.

Согласно квантовой теории процесс поглощения света в *атомах* связан с переходом электронов с более низких уровней энергии на более высокие. Обратный переход в основное или нижнее возбужденное состояние может совершаться безызлучательно или с излучением фотона, или комбинированным путем.

При облучении вещества пучком света фотоны, энергия которых равна разности энергий между какими-либо двумя уровнями, поглощаются. Энергия молекулы при этом возрастает, молекула переходит на более высокий уровень.

В общем случае структура у молекулярных спектров поглощения гораздо сложнее, чем у атомарных, что объясняется сложностью системы энергетических уровней молекулы.

Устройство и принцип действия колориметра фотоэлектрического концентрационного КФК-2

Назначение

Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2 предназначен для измерения в отдельных участках диапазона длин волн 315-980 нм, выделяемых светофильтрами, коэффициентов пропускания и оптической плотности жидкостных растворов и твердых тел, а также определения концентрации веществ в растворах методом построения градуировочных графиков.

Колориметр позволяет также производить измерения коэффициентов пропускания рассеивающих взвесей, эмульсий, и коллоидных растворов в проходящем свете.

Нормальными условиями работы колориметра являются:
температура окружающей среды $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$,
относительная влажность воздуха 45-80 %,
напряжение питания сети $(220 \pm 4,4) \text{ В}$, 50 Гц.

Принцип действия

Принцип измерения коэффициента пропускания состоит в том, что на фотоприемник направляются поочередно световые потоки полный $I_{0\lambda}$ и прошедший через исследуемую среду I_λ и определяется отношение этих потоков. Отношение потоков есть коэффициент пропускания T исследуемого раствора:

$$T = \frac{I_\lambda}{I_{0\lambda}} \cdot 100\% = \tau_\lambda \cdot 100\%..$$

На колориметре это отношение определяется следующим образом. Вначале в световой пучок помещают кювету с растворителем или контрольным раствором. В нашем случае контрольной средой является воздух. Изменением чувствительности колориметра добиваются, чтобы отсчет по шкале коэффициентов пропускания колориметра n_1 был равен 100 дел. Таким образом, полный световой поток $I_{0\lambda}$ условно принимается равным 100%. Затем, в световой пучок помещают исследуемый образец. В данном случае используется прозрачное окрашенное полимерное стекло. Полученный отсчет n_2 по шкале коэффициентов пропускания колориметра

будет соответствовать I_{λ} . Следовательно, коэффициент пропускания исследуемого раствора в процентах будет равен n_2 , т.е.

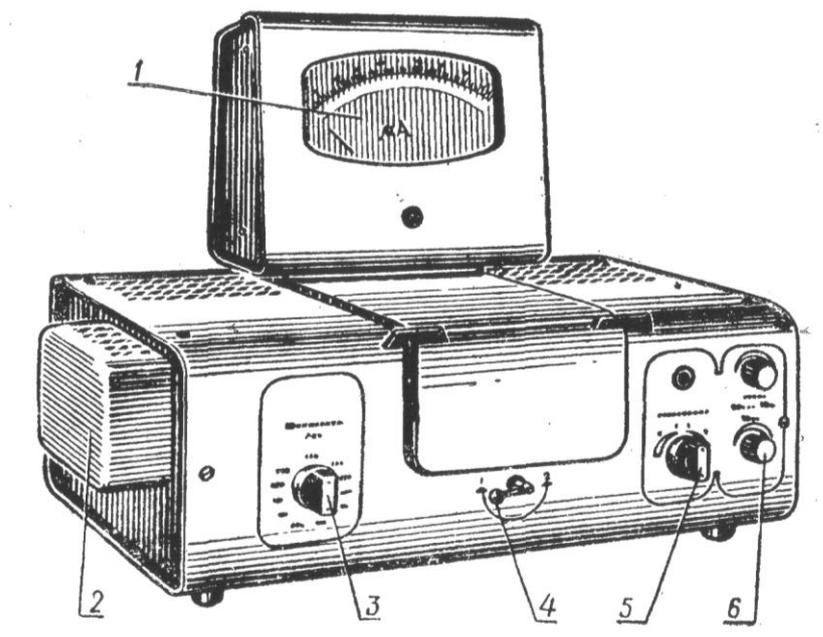
$$T \% = n_2.$$

Оптическая плотность D определяется по формуле (7).

Устройство и работа составных частей колориметра

В оптический блок входят:

- осветитель;
- оправа с оптикой (конденсор, диафрагма, объектив);
- светофильтры;
- кюветное отделение;
- кюветодержатель;
- фотометрическое устройство с усилителем постоянного тока и элементами регулирования;
- регистрирующий прибор.



1 – шкала, 2 – осветительный блок, 3 – переключатель светофильтров, 4 – переключатель кювет, 5 – регулятор чувствительности, 6 – ручка подстройки точности

Рисунок 2 – Общий вид колориметра

Цветные светофильтры вмонтированы в диск. Светофильтр в световой пучок вводится ручкой 3 (рисунок 2). Рабочее положение каждого светофильтра фиксируется. Спектральные характеристики светофильтров приведены на рисунке 3 и в таблице 1.

Таблица 1 – Светофильтры колориметра

Маркировка на диске	Маркировка светофильтра	Длина волны, соответствующая максимуму пропускания, нм	Ширина полосы пропускания, нм
1	315	315 ± 5	35 ± 15
2	364	364 ± 5	25 ± 10
3	400	400 ± 5	45 ± 10
4	440	440 ± 10	40 ± 15
5	490	490 ± 10	35 ± 10
6	540	540 ± 10	25 ± 10
7	590	590 ± 10	25 ± 10
8	670	670 ± 5	20 ± 5
9	750	750 ± 5	20 ± 5
10	870	870 ± 5	25 ± 5
11	980	980 ± 5	25 ± 5

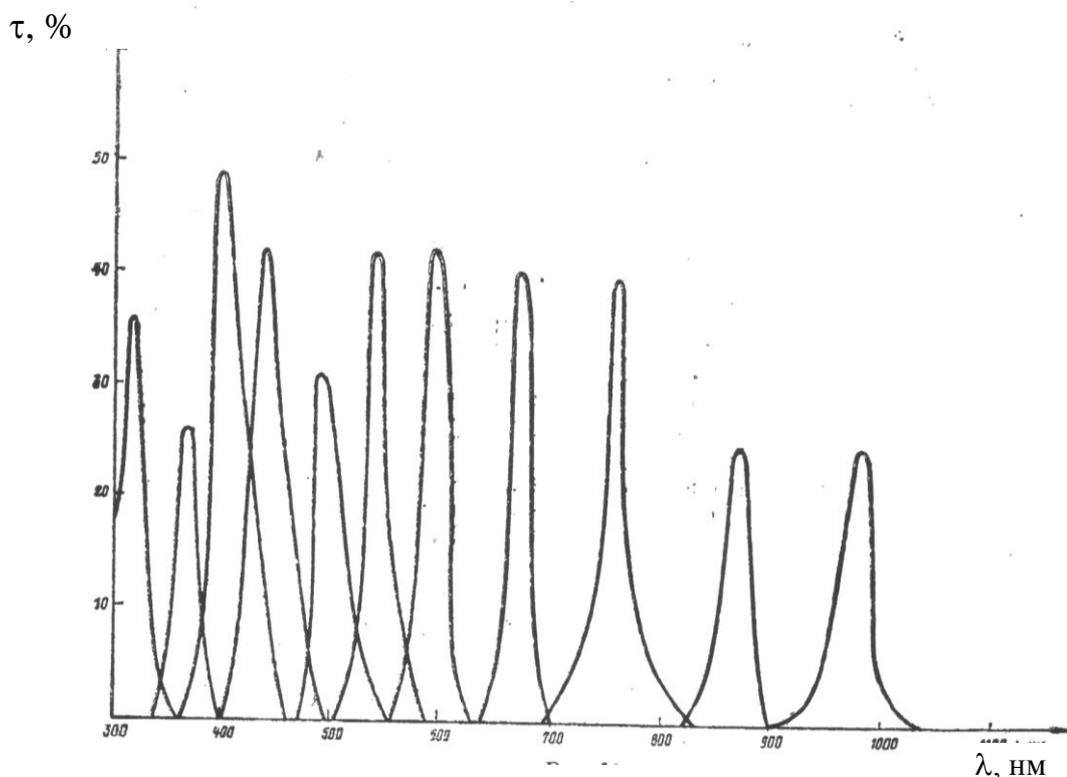


Рисунок 3

В кюветодержатель устанавливают кюветы с растворителем или контрольным раствором и помещают его в кюветное отделение (в нашем случае помещают исследуемые образцы при контрольной среде - воздух). Кюветодержатель устанавливают в кюветное отделение на столик так, чтобы две маленькие пружины находились с передней стороны. Переключение кювет в световом пучке производится поворотом ручки 4 (рисунок 2) до упора.

Для работы колориметра можно использовать кюветы, информация о которых приведена в таблице 2 и 3.

Таблица 2

Рабочая длина кюветы, мм	50	30	20	10	5
Объем, мл	20	14	9	5	2,3

При работе с малыми количествами жидкостей для микроанализа используются микрокюветы или пробирки. Пробирки имеют внутренний диаметр 5 мм и высоту 40 мм.

Таблица 3

Рабочая длина микрокюветы, мм	10	5	3	2
Объем, мл	0,40	0,20	0,12	0,08

В фотометрическое устройство входят фотоэлемент Ф-4, фотодиод ФД-7К, светоделительная пластинка, усилитель. Включение фотоприемников осуществляется с помощью ручки 5 (рисунок 2).

В качестве регистрирующего прибора применен микроамперметр 1 (рисунок 2) типа М907, оцифрованный в микроамперах и имеющий шкалу 0-100 дел., соответствующую шкале коэффициентов пропускания Т, или М907-10 со шкалой, оцифрованной в коэффициентах пропускания Т и оптической плотности Д.

Общие указания по эксплуатации

1 Измерения на колориметре следует проводить при температуре окружающего воздуха от 10 °С до 35 °С.

2 При измерении светофильтрами 315, 364, 400, 440, 490, 540 нм, отмеченными на лицевой панели колориметра черным цветом, ручку ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ устанавливайте в одно из положений «1», «2», «3», отмеченных на лицевой панели также черным цветом.

При измерении светофильтрами 590, 670, 750, 870, 980 нм, отмеченными на лицевой панели колориметра красным цветом, ручку ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ устанавливайте в одно из положений «1», «2», «3», отмеченных на лицевой панели также красным цветом.

3 Рабочие поверхности кювет должны перед каждым измерением тщательно протираться спирто-эфирной смесью. При установке кювет в кюветодержатели нельзя касаться пальцами рабочих участков поверхностей (ниже уровня жидкости в кювете).

Наливайте жидкость в кюветы до метки на боковой стенке кюветы. Жидкость в ограниченном объеме кюветы в некоторых случаях образует мениск. По капиллярам, в особенности по углам кюветы, жидкость поднимается на значительную высоту, равную 4-6 мм. Если уровень жидкости превышает метку на боковой стенке кюветы, то наблюдается

переползание жидкости по углам, что создает впечатление протекания кюветы.

4 После смены светофильтра измерения начинайте после пятиминутной засветки фотоприемника.

5 После каждого измерения, при переключениях светофильтров ручка 5 (рисунок 1) ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ должна находиться в положении «1», а ручка 6 – УСТАНОВКА – 100 ГРУБО – в крайнем левом положении (минимальная чувствительность). Этим предохраняется от перегрузки регистрирующий прибор и возможность его порчи.

Подготовка к работе

1 Колориметр включите в сеть на 15 минут до начала измерений. Во время прогрева кюветное отделение должно быть открыто (при этом шторка перед фотоприемниками перекрывает световой пучок).

2 Введите необходимый по роду измерения цветной светофильтр.

3 Установите минимальную чувствительность колориметра. Для этого ручку ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ установите в положение «1», ручку УСТАНОВКА – 100 ГРУБО – в крайнее левое положение.

4 Перед измерениями и при переключении фотоприемников проверяйте установку стрелки колориметра на «0» по шкале коэффициентов пропускания T при открытом кюветном отделении. При смещении стрелки от нулевого положения, ее подводят к нулю с помощью потенциометра НУЛЬ, выведенного под шлиц.

1.2 Экспериментальная часть

1.2.1 Изучение зависимости коэффициента поглощения от длины волны света для исследуемого вещества

1 Световой пучок пропустите через контрольную среду – воздух, - по отношению к которому производятся измерения.

2 Закройте крышку кюветного отделения.

3 Ручками ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ и УСТАНОВКА 100 ГРУБО и ТОЧНО установите отсчет 100 по шкале колориметра.

4 В качестве поглощающего образца здесь используются образцы цветного полимерного стекла. Исследуемые образцы должны быть хорошо протерты от посторонних загрязнений.

5 Установите исследуемый объект в кюветодержатель. Закройте крышку кюветодержателя.

6 Ручкой 4 (рисунок 2) переведите кюветодержатель в положение, когда световой поток проходит через исследуемый образец. Стрелка прибора покажет уменьшение интенсивности света.

7 Начните с первого светофильтра 315 нм, который вводится в световой пучок ручкой 3 (рисунок 2).

8 Ступенчато увеличивая чувствительность вначале ручкой 5, а затем ручками 6 и 7, выведите стрелку прибора на 100 %. Если это не удастся сделать, просто запишите показания прибора I_0 при максимальной чувствительности.

9 Если вначале удалось установить стрелку на 100 % пропускания согласно п.4, то следующее показание по верхней шкале сразу дает коэффициент пропускания T , а показание по нижней шкале - оптическую плотность образца D на данной длине волны. Если же вначале стрелка не устанавливалась на 100 %, то коэффициент пропускания и оптическую плотность вычисляют по формулам (6) и (7).

10 Аналогичные измерения проведите для остальных длин волн, даваемых данным набором светофильтров. Результаты измерений занесите в таблицу 4.

11 Постройте график зависимости оптической плотности исследуемого объекта от длины волны света. Сделайте вывод, на каких длинах волн образец сильнее всего поглощает свет, и на каких – наоборот.

12 Измерив толщину исследуемого образца, рассчитайте коэффициент поглощения, используя формулу (8).

Таблица 4

Длина волны, нм	Воздух		Исследуемый образец		k_λ
	T, %	D	T, %	D	
315					
364					
400					
440					
490					
540					
590					
670					
750					

толщина образца $d = \underline{\hspace{2cm}}$
 график $D = f(\lambda)$

1.2.2 Изучение зависимости поглощения света от толщины образца

1 Используя график $D = f(\lambda)$, выберите значение длины волны в полосе поглощения, соответствующую достоверному значению поглощения для данного образца и установите соответствующий светофильтр на фотоколориметре. Проведите измерение коэффициента пропускания и оптической плотности для одного образца.

2 Затем увеличьте толщину образца, добавив к первому объекту еще один. Проведите измерения аналогичные п.1. Проведите подобные измерения при увеличении толщины образца несколько раз. Результаты измерений занесите в таблицу 5.

3 По результатам опыта постройте график зависимости коэффициента пропускания T и оптической плотности D образца от его толщины.

4 Рассчитайте коэффициент поглощения и сравните полученное значение с результатом п. 1.2.1.

Таблица 5

Длина волны, нм	Исследуемый образец			k_λ
	Толщина вещества	T, %	D	

график $T=f(l)$

график $\ln(T)=f(l)$

график $D=f(l)$

1.3 Контрольные вопросы

- 1 Что такое светофильтр? Перечислите виды светофильтров.
- 2 На белом листе написано красным карандашом «отлично», а зеленым – «хорошо». Имеются два стекла – зеленое и красное. Через какое стекло надо смотреть, чтобы увидеть оценку «отлично»?
- 3 Какие виды энергии изменяются при поглощении фотонов в *видимой части* спектра?
- 4 Расскажите о характеристиках фотона.
- 5 Что такое коэффициент поглощения вещества? Каков его физический смысл? Какова размерность?
- 6 Расскажите о законе Бугера. Получите формулу (2). Каким образом закон Бугера проверяется в данной работе?
- 7 Как с помощью закона Бугера можно определить коэффициент поглощения K_λ ?
- 8 Опишите *метод* определения в данной работе коэффициента поглощения пластинок. Каким образом из графика можно получить K_λ ?

1.4 Рекомендуемая литература

- 1 Бутиков, Е. И. Физика: в 3 кн.: учеб. пособие / Е. И. Бутиков, А. С. Кондратьев. - М. : Физматлит. - СПб.: Лаборатория базовых знаний Невский Диалект, 2001. - (Для углубленного изучения). - ISBN 5-9221-0110-2. Кн. 2: Электродинамика. Оптика. - 2001. - 336 с - ISBN 5-9221-0108-0.
- 2 Элементарный учебник физики: учеб. пособие / под ред. Г. С. Ландсберга . - М. : ШРАЙК, 1995. Т. 3: Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. - 1995. - 656 с. - Предм. указ.: с. 651-656.
- 3 Савельев, И. В. Курс общей физики: в пяти книгах / И. В. Савельев. - М. : АстрельАСТ, 2006. - ISBN 5-17008962-7. - ISBN 5-271-01033-3. Кн. 4: Волны. Оптика. - 2006. - 256 с. - Предм. указ.: с. 254. - ISBN 5-271-01033-3. - ISBN 5-17-004586-7.
- 4 Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 5 т.: учеб. пособие для вузов / Д. В. Сивухин. - М. : Физматлит, 2002. - ISBN 5-9221-0229-X. - ISBN 5-89155-077-6. Т. 4: Оптика. - 2002. - 792 с. - Указ.: с. 780-791. - ISBN 5-9221-0228-1. - ISBN 5-89155-087-3.

Приложение А (обязательное)

Характеристики светофильтров прибора КФО

Знакомясь с характеристиками светофильтров прибора КФО, Вы в праве были подумать о них лучше, чем они того заслуживают. К примеру, для светофильтра №3 из таблицы следует, что длина волны, соответствующая максимуму пропускания 530 ± 10 нм. Можно подумать, что этот светофильтр пропускает только свет с длиной волны от 520 до 540 нм, а все, что меньше 520 нм и больше 540 нм, светофильтр не пропускает (поглощает).

Если бы дела обстояли именно так, то графическая иллюстрация свойств светофильтра была бы, как на рисунке А.1.

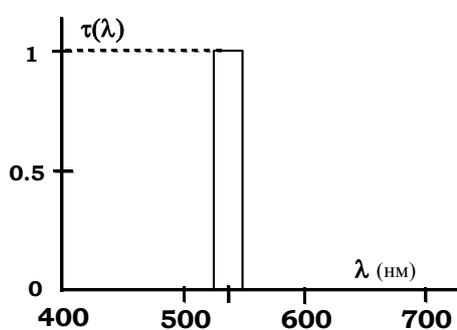


Рисунок А.1

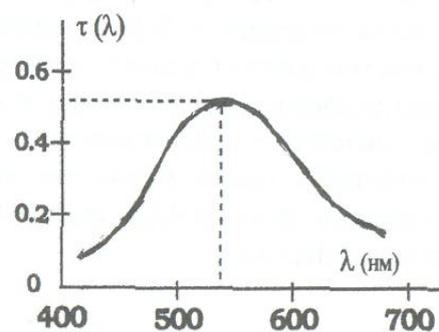


Рисунок А.2

На самом деле характеристика светофильтра №3, представленная заводом – изготовителем, имеет следующий вид, изображенный на рисунке А.2.

Из этого графика следует, что светофильтр №3 фактически пропускает свет всего диапазона 400 – 700 нм, но в разной степени. Лучше всего он пропускает зеленый свет с длиной волны $\lambda = 530$ нм, но в разных партиях цветного стекла, из которого он изготавливается, максимум кривой $\tau(\lambda)$ может быть в диапазоне 520-540 нм.

Остальные светофильтры прибора КФО – не лучше.

С помощью таких светофильтров мы не можем получить точного ответа на вопрос, каковы характеристики поглощения данным веществом зеленого света с длиной волны $\lambda = 530$ нм. Вместо этого мы получили свет на вопрос, каковы характеристики поглощения данным веществом света, в котором преобладает зеленый, но есть и все остальные компоненты.

Обеспечив техническую возможность просвечивать вещество монохроматическим светом любой длины волны, удалось установить, что молекулярный показатель поглощения, плавно меняясь при изменении длины волны λ пропускаемого света, на некоторых значениях λ обнаруживает резонансное поглощение световой энергии: плавная кривая приобретает скачкообразный характер (рисунок А.3,а).

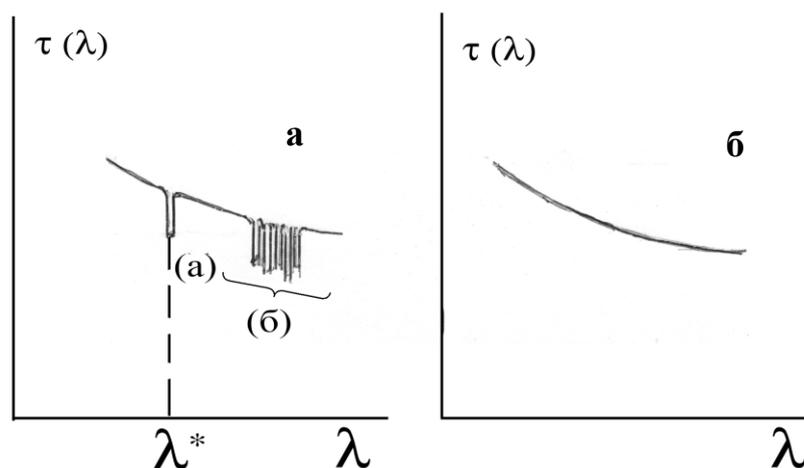


Рисунок А.3

На длине волны λ^* коэффициент пропускания света T резко уменьшается, следовательно, резко возрастает поглощение света, оптическая плотность D . Имеет место факт резонансного поглощения квантов света с длиной волны λ^* . На участке (б) графика группа узких линий поглощения, подобных (а), тесно примыкающих друг к другу, образует ПОЛОСУ ПОГЛОЩЕНИЯ.

На рисунке А.3,б показано, как на все эти тонкости отреагирует в эксперименте прибор типа нашего КФО: никак! Он их «не заметит» (усреднит). Отмечая колоссальные возможности спектрофотометров высокого класса, все же заметим, что способны быть полезными и простенькие приборы типа нашего КФО. Они – обязательный атрибут лабораторий, и применяются для анализа ряда материалов; можно ставить целью как обнаружение тех или иных веществ, так и измерение их концентрации.