

## Лабораторная работа № 36

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ ОКОННОГО СТЕКЛА

#### Цель работы:

1. Изучить поглощение света диэлектриками.
2. Ознакомиться с методиками измерения коэффициентов пропускания и поглощения с помощью колориметра.
3. Измерить коэффициенты пропускания и поглощения для оконного стекла с помощью колориметра.

Материальное обеспечение: колориметр, стекло толщиной  $d_1$ , блок из оконного стекла толщиной  $d_2$ .

*Поглощением света называют уменьшение интенсивности светового потока при распространении его в веществе.*

При распространении плоской волны в поглощающей среде помимо фазы меняется также и амплитуда. Если изменение фазы приводит к уменьшению фазовой скорости света в среде по сравнению со скоростью света в вакууме, в результате чего показатель преломления среды отличен от единицы, то уменьшение амплитуды волны приводит к изменению интенсивности светового потока, т.е. поглощению света.

Амплитуда световой волны, распространяющейся в поглощающей среде, вдоль оси  $X$  убывает по экспоненциальному закону

$$E(x) = E_0 e^{-\frac{\omega N}{c} x} = E_0 e^{-\frac{2\pi N}{\lambda} x} \quad (1)$$

где  $E_0$  - амплитуда волны, входящей в слой данного вещества;  $E(x)$  - амплитуда волны, прошедшей расстояние  $x$  в данном веществе;  $N$  - показатель поглощения, зависящий от длины волны.

*Интенсивность светового потока, распространяющегося в поглощающей среде вдоль оси  $x$  убывает по экспоненциальному закону (закон Бугера).*

$$I = I_0 e^{-kx} \quad (2)$$

где  $I_0$  - интенсивность светового потока, входящего в слой поглощающего вещества;  $I$  - интенсивность светового потока, прошедшего слой вещества толщиной  $x$ ;  $k$  - коэффициент поглощения, который, как правило, различен для разных длин волн.

Если  $x = \frac{l}{k}$ , то  $I = \frac{I_0}{e}$ . Следовательно  $k = \frac{x}{l}$ , т.е. коэффициент по-

глощения есть величина, численно равная единице деленной на толщину слоя вещества, при прохождении которой интенсивность убывает в  $e = 2,72$  раз. Этот закон был экспериментально установлен в 1729 году французским физиком Бугером и в 1760 году теоретически выведен немецким ученым И. Ламбертом при очень простых предположениях, которые сводятся к тому, что при прохождении слоя вещества толщиной  $dx$  интенсивность светового потока  $I$  уменьшается на определенную долю  $\frac{dI}{I}$ , зависящую только от коэффициента поглощения  $k$  и толщины слоя  $dx$ .

$$(3) \quad \frac{dI}{I} = -k dx$$

Если проинтегрировать (3), то получим закон Бугера.

При больших интенсивностях коэффициент поглощения  $k$  зависит от интенсивности, и закон Бугера нарушается.

Интенсивность светового потока  $I$  пропорциональна квадрату амплитуды волны  $E$ :  $I \sim E^2$ . Поэтому из уравнений (1) и (2) следует, что коэффициент по-

глощения

$$(4) \quad k = \frac{4\pi N}{\lambda}$$

Коэффициент поглощения зависит от длины волны света, химической природы и состояния вещества, т.е. поглощение селективно.

**Зависимость коэффициента поглощения  $k$  от длины волны света  $\lambda$  называется спектром поглощения вещества.**

Спектр поглощения атомов расположенных на значительном расстоянии друг от друга (разрешенные газы, пары) имеет вид узких линий, т.е.  $k$  отлично от нуля только в определенных узких диапазонах длин волн (сотые, тысячные доли нм).

В газах, молекулы которых построены из нескольких атомов, наблюдается собственная частота, соответствующая колебаниям электронов, колебаниям атомов внутри молекулы и вращению молекулы как целого вокруг оси. Эти три вида движения квантованы, причем между соседними электронными уровнями расположено набор колебательных уровней, а между соседними коле-

$$R = \frac{\Phi_{от}}{\Phi}$$

(5)

*Коэффициент пропускающая тела – это отношение потока излучения, прошедшего через тело, к потоку, падающему на данное тело.*

$$T = \frac{\Phi_{np}}{\Phi}$$

(6)

Принцип измерения коэффициента пропускающая тела состоит в том, что на фотоприемник направляют поочередно световые потоки полный  $\Phi$  и прошедший через исследуемое тело  $\Phi_{np}$  и определяют отношение этих потоков. Результаты получают или в виде десятичной дроби или в процентах.

$$T = \frac{\Phi_{np}}{\Phi} ; T = \frac{\Phi_{np}}{\Phi} \cdot 100\%$$

(7)

Определение коэффициента пропускающая на колориметре рассмотрим на примере определения коэффициента пропускающая оконного стекла. Когда световой поток проходит от источника добиваются, чтобы отсчет по шкале коэффициента чувствительности приемника равен 100%. Затем на пути светового пучка помещают кусочек оконного стекла таким образом, чтобы его поверхность была перпендикулярна световому пучку. Полученный отсчет по шкале коэффициентов пропускающая колориметра соответствует коэффициенту пропускающая данного стекла в процентах.

### Измерение коэффициента поглощения света в оконном стекле с помощью колориметра.

При измерении коэффициента поглощения света надо учитывать, что часть света отражается на границе исследуемого вещества и вносит соответствующие поправки. В первом приближении можно исключить влияние отражения, если измерять интенсивности света  $I_1$  и  $I_2$ , прошедшего сквозь два слоя толщинами  $d_1$  и  $d_2$  соответственно.

$$I_1 = I_0 e^{-k d_1} ; I_2 = I_0 e^{-k d_2}$$

бательными уровнями — набор вращательных уровней. Частоты электронных переходов соответствуют ультрафиолетовой и видимой областям спектра, частоты же колебательных и вращательных — ближней и дальней инфракрасной области. Спектр поглощения многоатомной молекулы состоит из отдельных полос (единицы — сотни нм).

Поглощение твердых тел характеризуется как правило очень широкими областями спектра (сотни — тысячи нм) с большим значением  $k$ . Качественно это объясняется тем, что в концентрированных средах сильное взаимодействие между частицами приводит к быстрой передаче всему коллективу частот энергии, отданной светом одной из них.

Поглощение света используется в различных областях науки и техники. На нем основаны многие особо чувствительные методы количественного и качественного химического анализа. По виду спектра поглощения можно исследовать химический состав вещества, выяснить природу химических связей, зонную структуру полупроводников и многое другое.

В терминах квантовой теории процесс поглощения света связан с переходом электронов в поглощающих атомах, парах, молекулах, или в твердом теле с более низких уровней энергии на более высокие. Обратный переход в основном или нижнее возбужденное состояние может совершаться с излучением фотона или безизлучательным путем, причем способ перехода обратно определяется, в какой вид энергии переходит энергия поглощенного света.

В световых пучках большой интенсивности поглощение света перестает подчиняться закону Бугера, т.е. к становится функция интенсивности света — нелинейное поглощение. Этот эффект может быть обусловлен тем, что очень большая доля поглощающих частиц перейдет в возбужденное состояние и, оставаясь в нем сравнительно долго, теряет способность поглощать свет, что заметно изменяет характер поглощения света веществом.

Если в поглощающей среде искусственно создана инверсия населенности т.е. число частиц на верхнем уровне превосходит число частиц на нижнем, то при распространении света в такой среде каждый фотон имеет большую вероятность индуцировать испускание точно такого же фотона, чем быть поглощенным самому. В этом случае световой поток, проходящий через вещество с инверсной населенностью не ослабляется, а усиливается. На этом явление основано действие лазеров и квантовых усилителей света.

### Определение коэффициента пропускания с помощью колориметра.

Пусть на тело падает поток излучения  $\Phi$  часть потока  $\Phi_{от}$  отражается по-верхностью тела, часть потока  $\Phi_{пог}$  поглощается телом и часть потока  $\Phi_{пр}$  проходит через данное тело.

*Коэффициент отражения тела — это отношение потока, отраженного телом, к потоку, падающему на данное тело.*



1. Что называется поглощением света?
2. Как изменяется амплитуда световой волны, распространяющейся в поглощающей среде?
3. Сформулируйте закон Бугера.
4. В чем состоит физический смысл коэффициента поглощения? От чего зависит коэффициент поглощения?
5. На каких предположениях основан вывод закона Бугера?
6. Какая связь между коэффициентом поглощения и показателем поглощения  $\epsilon_m$ ?
7. Что называется спектром поглощения вещества?
8. Какие бывают спектры поглощения?
9. В чем заключается процесс поглощения в терминах квантовой теории?
10. Когда нарушается закон Бугера?
11. На чем основано действие лазеров и квантовых усилителей?
12. Как определяется коэффициент пропускания с помощью колориметра?
13. Как определить коэффициент поглощения света в стекле с помощью колориметра?

**Вопросы к зачету.**

На колориметре  $I_2/I_1$  определяется следующим образом. Когда на пути светового потока помещают стекло толщиной  $d_1$ , изменением чувствительности приемника добиваются, чтобы отсчет по шкале коэффициентов пропускания был равен 100. Затем на место стекла толщиной  $d_1$  устанавливаются пропускания толщиной  $d_2 > d_1$ . Полученный отсчет по шкале коэффициентов пропускания соответствует  $I_2/I_1$ , выраженному в процентах.

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{e^{-kd_1}}{e^{-k(d_2-d_1)}} = e^{-kd_2}$$

$$k = - \frac{\ln(I_2/I_1)}{d_2 - d_1}$$