

## ИЗМЕРЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА В ЖИДКОСТИ (ЗАКОН БУГЕРА-ЛАМБЕРТА)

Имонкулов Закиржон Имонкулович<sup>1</sup>,

Акылбек кызы Сезим<sup>2</sup>,

Осорова Тахмина Шайырбековна<sup>2</sup>

1. Жалал-Абадский государственный университет имени Б.Осмонова, Кыргызстан, кафедра физики и информатики, к.ф.-м.н., профессор

2. Жалал-Абадский государственный университет имени Б.Осмонова, кафедра физики и информатики, магистрант.

## MEASUREMENTS OF LIGHT ABSORPTION IN LIQUIDS (BOUGUER-LAMBERT LAW)

Imonkulov Zakirjon Imonkulovich<sup>1</sup>,

Akylbek kyzy Sezim<sup>2</sup>, Osorova Takhmina Shaiyrbekovna<sup>2</sup>

1. Jalal-Abad State University named after B. Osmonov, Kyrgyzstan, Department of Physics and Informatics, Ph.D., Professor

2. Jalal-Abad State University named after B. Osmonov, Kyrgyzstan, Department of Physics and Informatics, master's student.

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена экспериментальному изучению поглощению света (закон Бугера-Ламберта) в различных жидкостях. На основе собранных экспериментальных установках поставили лабораторную работу по измерению коэффициента поглощению света в различных средах для студентов ВУЗа.

**Ключевые слова:** Интенсивность света, коэффициент поглощение света, среда, одночастотный гелий-неоновый лазер, излучение, поперечный сверхвысокочастотный разряд, лабораторная установка, длина волны.

**Annotation.** This work is devoted to the experimental study of light absorption (Bouguer-Lambert law) in various liquids. Based on the collected experimental setups,

a laboratory work on measuring the coefficient of light absorption in various environments was set up for university students.

**Key words:** Light intensity, light absorption coefficient, medium, single-frequency helium-neon laser, radiation, transverse microwave discharge, laboratory setup, wavelength.

При распространении световых волн в среде наблюдается уменьшение их интенсивности. Это связано с различными процессами, происходящими при взаимодействии электрического и магнитного полей волны с атомами и молекулами среды. Такими процессами могут быть, например, поля волны в энергию хаотического теплового движения атомов рассеяние, люминесценция, фотохимическое разложение вещества и др. Если изменение интенсивности света обусловлено превращением энергии электромагнитного и молекул вещества, то говорят о поглощении света. Основной закон поглощения света в однородном материале может быть выведен независимо от модельных представлений о деталях взаимодействия света с веществом на основе энергетических соображений.

В XVIII в. П. Бугер и И. Ламберт получили, что интенсивность ( $I$ ) плоской монохроматической волны после распространения ее через вещество, толщина слоя которого равна  $X$ , определяется интенсивностью исследуемой волны на входе ( $I_0$ ) с помощью выражения [1]:

$$I=I_0e^{-\alpha x} \quad (1),$$

где  $\alpha$  -- коэффициент поглощения (показатель поглощения). Величина  $\alpha$  зависит от длины волны света, распространяющегося в веществе, химических свойств и состояния вещества:

$$\alpha=4\pi k\lambda \quad (2),$$

где  $\lambda$  -- длина волны света,  $k=\text{const}$  -- показатель затухания. Данный коэффициент не зависит от интенсивности световой волны.  $\alpha=1x$  в случае, если через распространение волны через данный слой его интенсивность уменьшается в  $e=2,7$  раз. Сущность рассматриваемого закона в том, что для

монохроматического света коэффициент поглощения  $\alpha$  не зависит от интенсивности света.

Этот закон эмпирически получил П. Бугер, позднее его подробно изучил И.Г. Ламберт. А. Бер проверял данный закон в экспериментах с растворами веществ. Опыты Бера показали, что для монохроматического света  $\alpha$  в растворе поглощающего вещества в непоглощающем растворителе выполняется равенство:  $\alpha = \alpha_1 c$  (2), где  $\alpha_1$  -- постоянный коэффициент, который зависит от длины волны света и природы поглощающего вещества, с объемно-массовой концентрацией раствора. Выражение (2) называют законом Бера. Формула (2) выполняется для разбавленных растворов. Если концентрация раствора высока, то влияние взаимодействий молекул, которые расположены близко в поглощающем веществе выражение (2) нарушается. У веществ, атомы (молекулы) которых почти не взаимодействуют (газы, пары металлов при низком давлении), коэффициент поглощения близок к нулю, и только для узких областей спектра проявляет резкие максимумы. Они соответствуют резонансным частотам колебаний электронов в атомах. В многоатомных молекулах находятся частоты, которые соответствуют колебаниям атомов в молекуле. Газы под высоким давлением, жидкости и твердые тела выдают широкие полосы поглощения. При увеличении давления в газах максимумы поглощения расширяются. Такой факт говорит о том, что расширение полос поглощения связано с взаимодействием атомов.

Кроме этого, студентам обучающихся в технических, технологических, медицинских и педагогических ВУЗах требуется изучению поглощения света в различных средах с целью изучения определения концентрации примесей в среде. Кроме теоретических знаний студентам требуется показать экспериментально и самим дать возможность измерить в лаборатории поглощения света в различных средах.

Настоящая работа посвящена экспериментальному изучению поглощению света (закон Бугера-Ламберта) в различных жидкостях. На основе собранных

экспериментальных установках поставили лабораторную работу по измерению коэффициента поглощению света в различных средах для студентов ВУЗа.

Разработанная лабораторная работа будет полезно при изучении поглощение света в различных средах для студентов медицинского, технического, технологического и педагогического факультета.

*Поглощением (абсорбцией) света* называется явление потери энергии световой волной, проходящей через вещество. В результате поглощения интенсивность света при прохождении через вещество уменьшается.

Поглощение энергии света в веществе описывается *законом Бугера*.

Показатель поглощения определяется свойствами вещества и в общем случае зависит от длины волны  $\lambda$  поглощаемого света. Эта зависимость называется спектром поглощения вещества[1-8].

### **Лабораторная установка и методика измерений**

Лабораторная установка для измерения поглощения света в жидкости представлена на рисунке 1. Излучения одночастотного гелий-неонового лазера с поперечным СВЧ разрядом [9] с длиной волны 0,63 мкм (красный свет) пройдя механический модулятор, попадает на трёхгранную призму ( $45^\circ$ ) далее через жидкость на фотодиод типа ФД-7К. Фотодиод превращает световой сигнал на электрическую. Электрический сигнал получаем от миллиамперметра. Для увеличения точности эксперимента постоянный сигнал (лазерное излучение) превращается на переменную при помощи механического модулятора. Запасную посуды с жидкостями соединенный с основными посудах через шланг мы использовали для изменения толщины жидкости при помощи штатива. Поднимая или опуская запасной посуды при помощи штатива, мы можем регулировать толщины жидкости на основной посуде.

Для повышения точности эксперимента в качестве излучателя света использовали одночастотный гелий – неоновый лазер с ПСВЧР. Излучение лазеров отличается рядом замечательных особенностей. Для него характерны:

- 1) строгая монохроматичность;



- 2) высокая временная и пространственная когерентность;
- 3) большая интенсивность
- 4) узкая направленность пучка.

Экспериментально исследовали для оптически чистой воды зависимость интенсивность света  $I$ , прошедшего слой вещества от толщины  $x$ . Кроме этого, определяли коэффициента поглощения жидкости ( $\alpha$ ).

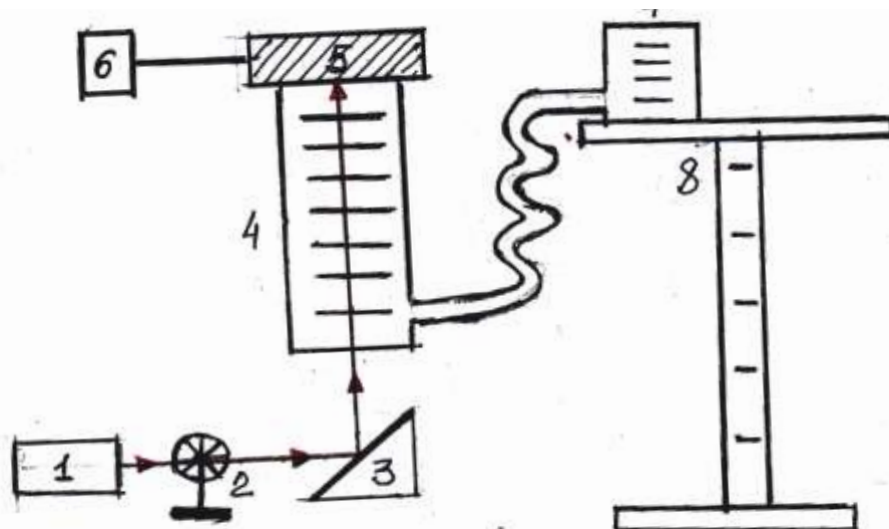


Рис. 1. Лабораторная установка для измерения поглощения энергии света в жидкости.

1-лазер, 2-механический модулятор, 3-призма, 4-объем для жидкости, 5- фотоприёмник, 6-регистрирующее устройства, 7- запасная посуда для жидкости, 8-штатив.

Поглощение энергии света в веществе описывается законом Бугера —

Ламберта: 
$$I = I_0 e^{-\alpha x} \quad (3)$$

Где,  $I$  — интенсивность света, прошедшего слой вещества толщиной  $X$ ,  $I_0$  — интенсивность света на входе в вещество,  $X$  - толщина слоя воды, через который проходит поток света,  $m$ ;  $\alpha$  — коэффициент поглощения, зависящий от длины волны света, химической природы и состояния вещества и не зависящий

от интенсивности света при слабых световых потоках  $1/m$  (обратные метры). Коэффициента поглощения жидкости  $\alpha$  определяли из формулы Бугера — Ламберта:

$$\alpha = -\frac{1}{x} \ln \frac{I}{I_0} \quad (4)$$

### Обсуждения полученных результатов

Оптически чистая вода, то есть вода, свободная от окрашивающих веществ и механических примесей в определенной закономерности ослабляет световой поток.

Поглощение водой светового монохроматического потока, образующего пучок параллельных лучей, определяется по показательному закону (3).

Вода, очищенная от механических примесей, практически обладает физическими характеристиками, близкими по значению к характеристикам оптически чистой воды. Наименьшее поглощение соответствует длине волны света около 490 мкм (т. е. синему цвету) при  $\alpha = 0,006 1/m$ . На этом участке спектра вода очень незначительно поглощает световой поток. Потери в таком случае составляют 1,5% при пути света длиной в 1 м. На участке спектра красного цвета с длиной волны около 720 мкм показатель поглощения достигает наибольшего значения. В этом случае  $\alpha = 1 1/m$ , а на границе с ультрафиолетовым излучением - 0,05  $1/m$ .

Экспериментально исследовали зависимость коэффициента поглощения жидкости (природная вода, очищенная от механических примесей)  $\alpha$  от толщины слоя жидкости  $X$ . На рисунке 2 представлена график зависимости  $\alpha$  от  $X$  при  $I_0 = \text{const}$ . Из рисунка 2 видно, что эта зависимость имеет линейный характер. С увеличением толщины жидкости  $x$  коэффициент поглощения  $\alpha$  увеличивается.

Экспериментально исследовали зависимости интенсивности света  $I$ , прошедшего слой вещества от толщины  $X$  при постоянном значении  $I_0$ . На рисунке 3 представлен этот зависимость. Из рисунка 3 видно, что с увеличением

толщины слоя жидкости интенсивность света, прошедшего слой вещества, уменьшается. По-видимому, с увеличением толщины слоя жидкости увеличивается коэффициент поглощения жидкости (рис.3) это приводит к уменьшению интенсивности света, прошедшего слой вещества.

Поглощение света в природной воде в области видимого спектра (с достаточной степенью точности) можно считать, как сумму двух поглощений:

- поглощение света взвешенными в воде частицами
- поглощение света оптически чистой водой.

Наличие в природной воде взвешенных частиц, различных форм и материалов значительно увеличивает общее поглощение светового потока.

Морская вода имеет коэффициент поглощения больше, чем оптически чистая вода; речная и озерная воды обладают еще большим поглощением.

Весьма прозрачные природные воды в видимой области спектра имеют значение  $\alpha = 0,02 \text{ } 1/\text{м}$ , в то время как загрязненные воды могут иметь значение  $\alpha = 2 \text{ } 1/\text{м}$ . На каждом метре природной воды может быть потеряно за счет поглощения от 5 до 99% падающего светового потока.

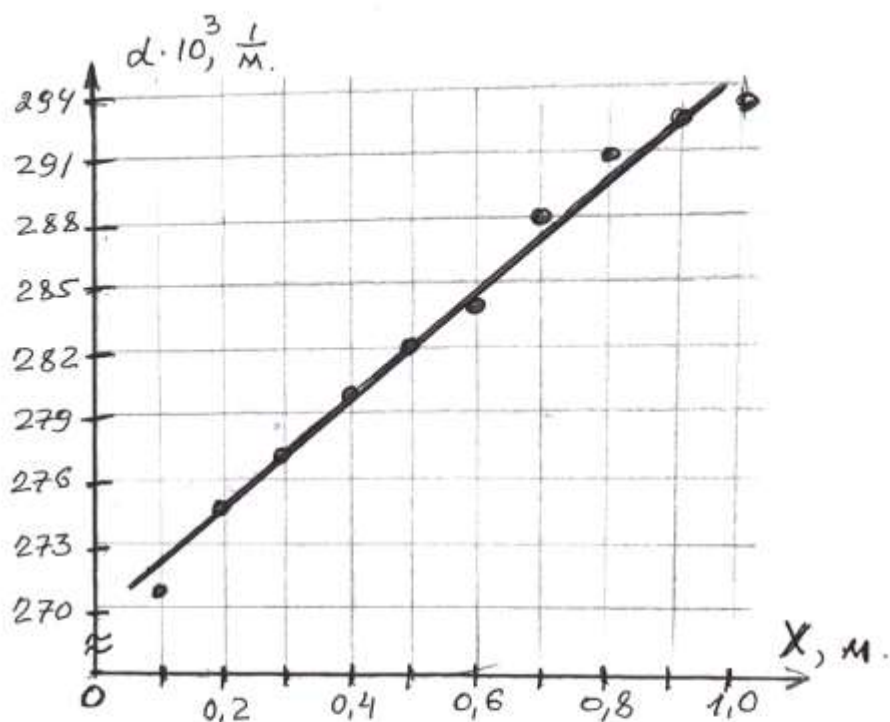


Рис.2. Зависимость коэффициента поглощения света  $\alpha$  от толщины слоя жидкости  $X$  при  $I_0 = \text{const}$ .  $\lambda = 0,63$  мкм.

Закключение

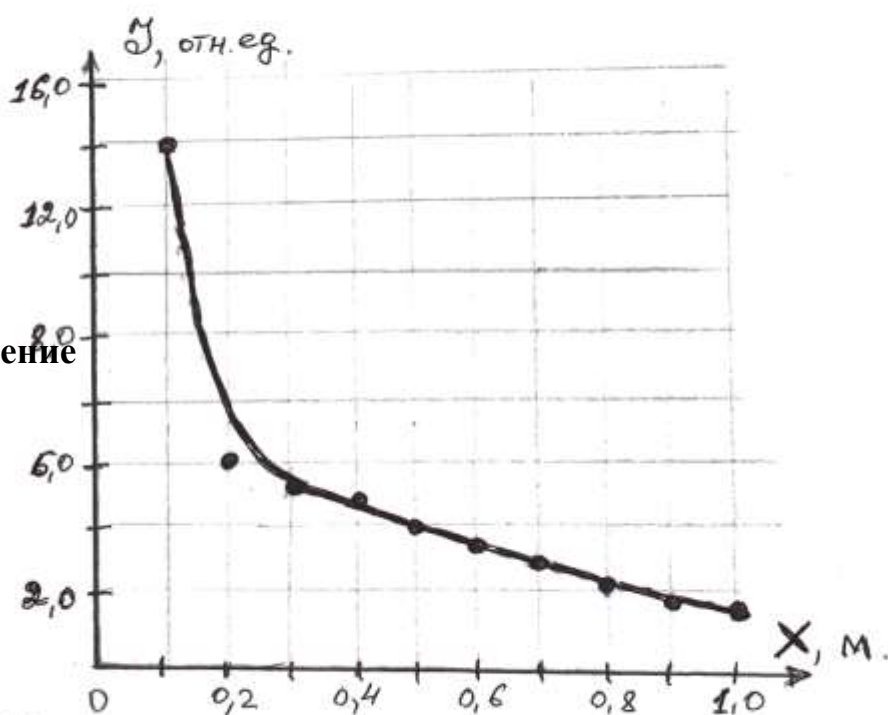


Рис.3. Зависимость интенсивности света  $I$  ( $\lambda = 0,63$  мкм) прошедшего слой вещества от толщины  $X$  при  $I_0 = \text{const}$



Собрана экспериментальная установка по изучению закона Бугера—Ламберта—Бера. Проведены опытные измерения поглощения монохроматического света. Определены достоинства и недостатки методики измерений и экспериментальной установки.

На основе полученных результатов поставлены лабораторные работы для студентов по изучению поглощения света в жидкости. Основная задача, которая стоит перед студентами в этой работе – изучить классическую и квантовую теории, описывающие явления поглощения света. С помощью лабораторной установки можно измерить коэффициент поглощения света в различных оптических средах. Для повышения точности измерения в эксперименте в качестве излучателя света использовали одночастотный гелий – неоновый лазер с поперечным СВЧ разрядом.

Настоящая работа будет полезна для студентов, обучающихся технического, технологического, медицинского и педагогического факультета.

### Литература

1. Сивухин Д. В. Поглощение света и уширение спектральных линий // Общий курс физики. — М., 2005. — Т. IV. Оптика. — С. 582—583.
2. Ландсберг Г.С. Оптика, Изд.6, М., Физматлит, 2006. §157.
3. Годжаев Н.М. Оптика., М., Высшая школа, 1977. Глава 11, §5.
4. Бугер П., Оптический трактат о градации света, пер. с франц., М., 1950.
5. Борн М., Вольф Э., Основы оптики, пер. с англ., 2 изд., М., 1973;
6. Гайтлер В., Квантовая теория излучения, пер. с англ., М., 1956;
7. Бугер П. // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: В 86 томах (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
8. Пьер Бугер. Оптический трактат о градации света. – Л.: АН СССР, 1950. – 479 с.
9. Иманкулов З.И., Бултаков Т., Осорова Т., Акылбек кызы Сезим. Одночастотный малошумящий He - Ne лазер с поперечным СВЧ разрядом