

Домашняя Лабораторная работа 4.2 (Изучение закона поглощения света в жидкости)

Астафуров Евгений Б05-812

Московский Физико-Технический Институт (Государственный Университет).

(Дата: 29 апреля 2020 г.)

Цель работы: экспериментально проверить закон Ламберта-Бугера-Бера и измерить коэффициент поглощения крепкого чайного настоя.

В работе используются: источник света (настольная лампа или лазерная указка), высокий стакан, линейка или миллиметровая бумага, черная бумага, настой чайных листьев (или другая, поглощающая свет видимого диапазона, жидкость), белая пластиковая крышка на тонком стержне-держателе, фотоаппарат, графический редактор для определения яркости точек изображения.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Молекулы веществ способны поглощать световую энергию на определенных частотах. Спектр поглощения различен. Однако можно утверждать, что ослабление интенсивности будет пропорционально количеству молекул, провзаимодействовавших со светом. Пусть p — вероятность поглощения фотона молекулой, тогда при взаимодействии с N молекулами, число фотонов уменьшится на

$$dN_{\Phi} = -pN_{\Phi}dN. \quad (1)$$

Пусть световой поток падает на плоский слой поглощающего вещества толщиной dx перпендикулярно его поверхности площадью S . Если обозначить концентрацию молекул в слое как n , то $N = nSdx$. Таким образом, скорость изменения интенсивности пропорциональна интенсивности

$$dI = \alpha I dx. \quad (2)$$

Проинтегрировав это выражение, получим закон Ламберта-Бугера-Бера

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

где I_0 — интенсивность падающего на поглощающую среду света ($x = 0$), α — коэффициент поглощения, x — длина пути света в поглощающей среде.

II. ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Схема установки представлена на рисунке 1. В стакан, заполненный исследуемой жидкостью и обернутый черной бумагой, на глубину h помещается белый

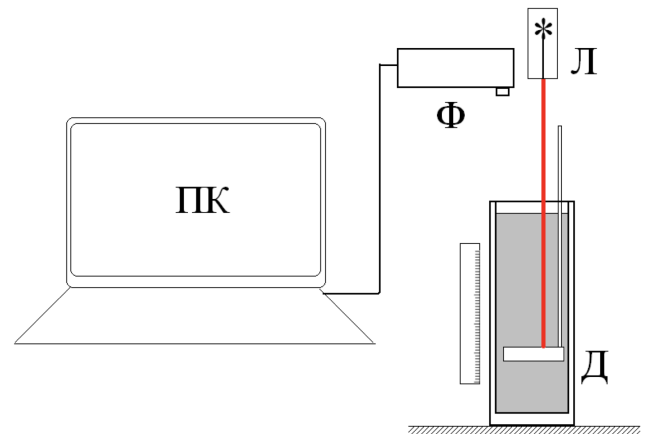


Рис. 1.

пластмассовый диск на держателе Д (можно их скрепить моментальным клеем или пластилином). Сверху диск освещают с помощью источника Л, и делают фотоснимок с помощью камеры Ф. Файл с изображением диска анализируют с помощью графического редактора, регистрируя яркость I (в условных единицах) точки с максимальной освещенностью. Чтобы яркость была пропорциональна интенсивности света, нужно все снимки сохранить в формате оттенков серого.

III. ХОД РАБОТЫ

А.

Проведем три серии измерений по 7 измерений в каждой с шагом в 1 см. Ознакомиться с измерениями можно в репозитории на *github*. Для определения яркости точек изображения будем пользоваться формулой:

В.

$$I = \sqrt{0.299 \cdot R^2 + 0.587 \cdot G^2 + 0.114 \cdot B^2}, \quad (4)$$

Получим таблицы значений:

Серия 1

h , см	I отн.ед.
1	255
2	250
3	233
4	186
5	127
6	77
7	51

Серия 2

h , см	I отн.ед.
1	255
2	243
3	233
4	186
5	127
6	77
7	51

Серия 3

h , см	I отн.ед.
1	255
2	246
3	204
4	157
5	101
6	73
7	42

Построим график зависимости $\ln(I/I_0)$ от удвоенной глубины $2h$.

Погрешности определения коэффициентов:

Series No	Δa	Δb	$\frac{\Delta a}{a}$
1	0.041	0.37	37%
2	0.041	0.37	29%
3	0.034	0.30	22%

Тогда коэффициент поглощения черного чая "Принцесса Нури" равен:

$$\alpha = 0.12 \pm 0.03$$

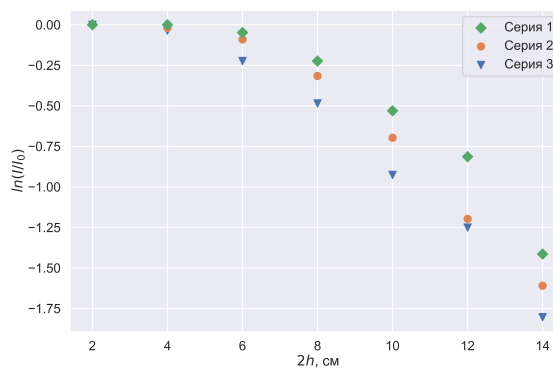


Рис. 2.

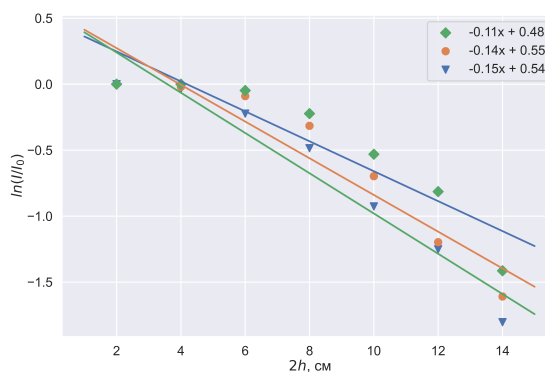


Рис. 3.

Во всех сериях измерений, считаем $I_0 = 250$ ед.

1996