

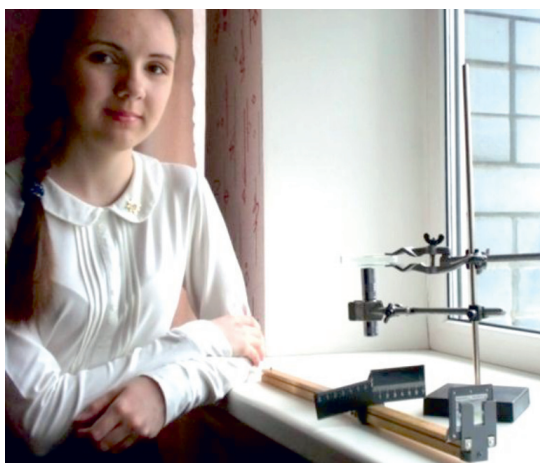
## ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ, ПРОПУСКАНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Абрамова П.А.

г. Нижний Новгород, МАОУ «Лицей № 38», 10 класс

Научный руководитель: Балакин М.А., г. Нижний Новгород, учитель физики, МАОУ «Лицей № 38»

Свою жизнь мы вряд ли можем представить без каких-либо источников света. Именно за счет свойств световых волн мы различаем цвета предметов. Окраска разных предметов и тел при освещении их одним и тем же источником света достаточно разнообразна. Основную роль в таких эффектах играют явления отражения и пропускания света. При падении излучения на тело часть света отражается, а другая проходит внутрь среды. В среде часть излучения может поглотиться или рассеяться (при наличии в ней неоднородностей), а остальная часть пройти через неё. Часть светового потока в каждом из этих процессов определяется с помощью коэффициентов:  $\rho$  – коэффициент отражения,  $t$  – коэффициент пропускания (преломления) и  $a$  – коэффициент поглощения [1-3]. Обычно цветные предметы, освещенные дневным светом, отражают довольно широкий участок спектра с преобладающим излучением определенного цвета, по которому мы и определяем цвет самого предмета. Например, у листьев деревьев зеленый цвет благодаря более интенсивному отражению зеленых лучей и поглощению, хотя и неполному, синих и красных лучей. Точно так же красный флаг или красная крыша дома отражают красные лучи, а синие и зеленые намного меньше.



Коэффициенты отражения, пропускания и поглощения зависят от длины волны света, благодаря чему мы получаем различные эффекты при освещении тел. Так может оказаться, что для красных лучей коэффициент  $t$  (пропускание) велик, а  $\rho$  (отраже-

ние) мал, а для зелёных лучей, наоборот, коэффициент  $t$  мал, а  $\rho$  велик.

Цель работы состояла в том, чтобы изучить коэффициенты отражения, пропускания и поглощения для жидкостей разного типа: искусственных, т.е. содержащих химический краситель, и естественных или природных.

Были поставлены следующие задачи: сконструировать установку для определения коэффициентов отражения, пропускания и поглощения света; узнать от каких факторов они могут зависеть при изучении жидких веществ; исследовать, какой диапазон длин волн пропускает такого рода вещества.

В работе были применены, как примеры жидких веществ, разведённые в воде гуашевые краски красного, белого, желтого, зелёного, синего, коричневого, оранжевого и черного цветов и апельсиновый сок.

Для измерения длин волн, пропускаемых различными жидкостями, использована следующая установка. В ней использована деревянная линейка длиной 55 см, на которой закреплялись с конца, где находится отметка 0 см, дифракционная решетка и дополнительная линейка, которая была закреплена поперёк первой с помощью резинки на отметке 20 см, на которой можно было наблюдать дифракционный спектр. Также в дополнительной установке был использован штатив, на котором был зафиксирован светодиодный фонарик и лапка штатива, на которой в последующей работе была установлена чашка Петри, в которой и находилась непосредственно жидкость.

Диапазон длин волн, пропускаемых жидкими веществами, мы устанавливаем по формуле (1). [1]

$$\lambda = \frac{a}{bNk}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – длина волны;  $k$  – постоянная дифракционной решетки;  $a$  – расстояние от нулевого до  $N$  максимума;  $N$  – порядковый номер максимума;  $b$  – расстояние от источника света до дифракционной решетки.

Для измерения длин волн фиксированными значениями были  $b = 20 \text{ см} = 0.2 \text{ м}$  и  $k = 300 \text{ штрих/мм}$ . Погрешности измерений рассчитывались по стандартным формулам (2) и (3), учитывая то, что все измерения проводились линейкой.

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2} \approx 0,04, \quad (2)$$

$$\Delta\lambda = \lambda \cdot \varepsilon. \quad (3)$$

Результаты измерений с учетом погрешности представлены в табл. 1. В работе количественно доказано, что жидкости, содержащие красители, пропускают не только те цвета, которые можно ожидать, исходя из названия красителя, но и некоторые цвета, близкие по спектру. Наибольший диапазон длин волн оказался у жидкости с синим красителем. Концентрация красителя в жидкости была 15-20%.

**Таблица 1**

Диапазон пропускаемых длин волн через жидкости, содержащие краситель

Краски	Диапазон пропускаемых длин волн, нм
Красная	(600-667) ± 26
Белая	(450-667) ± 20
Желтая	(550-650) ± 21
Зеленая	(433-600) ± 21
Синяя	(417-667) ± 22
Коричневая	(583-650) ± 24
Оранжевая	(550-650) ± 24
Черная	(467-667) ± 23

Также этот эксперимент был проведен и с примером природной жидкости – апельсиновым соком. Результаты представлены в виде табл. 2.

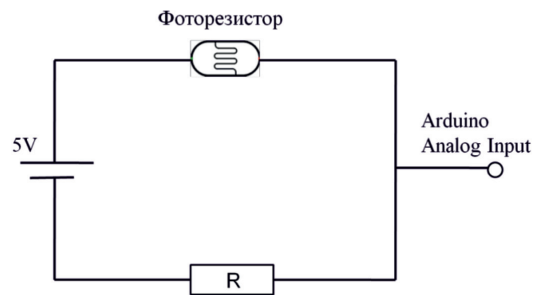
**Таблица 2**

Диапазон пропускаемых длин волн через апельсиновый сок

Вещество	Диапазон пропускаемых длин волн, нм
Апельсиновый сок	(433-667) ± 22

Такое вещество пропускает достаточно большой диапазон длин волн.

Для измерения коэффициентов пропускания и отражения была использована та же установка со штативом и дополнительными приборами: в работе был использован микроконтроллер Arduino [5]. Свет от светодиодного фонарика проходил через жидкость и попадал на фоторезистор, подключенный к микроконтроллеру Arduino. Схема подключения фоторезистора представлена на рис. 1. Для измерения коэффициента отражения освещали светофильтр со стороны фоторезистора. Далее нужно было поделить показания датчика (фоторезистора) на его показания при прямом освещении его светом без светофильтров и таким образом находили соответствующие коэффициенты. Для измерения коэффициента пропускания чашка с жидкостью находилась между фоторезистором и источником света.



*Рис. 1. Схема подключения фоторезистора*

Однако проведение опытов показало, что фоторезистор оказался очень чувствительным к «паразитным» засветкам от окружающих предметов. Именно это могло повлиять на некоторые неточности в измерениях, которые привели к ошибке в результате.

**Таблица 3**

Полученные коэффициенты отражения, пропускания и поглощения для жидкости, содержащей краситель

Краски	Коэффициент отражения	Коэффициент пропускания	Коэффициент поглощения
Красная	0,207	0,438	0,355
Белая	0,436	0,428	0,136
Желтая	0,384	0,564	0,052
Зелёная	0,133	0,343	0,524
Синяя	0,095	0,569	0,336
Коричневая	0,071	0,204	0,725
Оранжевая	0,337	0,479	0,184
Черная	0,014	0,098	0,888

Исходя из того, что все три коэффициента  $a$ ,  $r$  и  $t$  в сумме дают единицу, было сделано предположение, что разность единицы и суммы двух найденных нами коэффициентов – отражения и пропускания – является третьим коэффициентом – поглощения. Все три коэффициента для светофильтров представлены в табл. 3. Также были измерены коэффициенты отражения и пропускания для природного вещества – апельсинового сока (табл. 4).

В ходе продолжения работы были устранены ошибки в измерениях коэффициентов. Эта проблема была исправлена следующим образом: так как фоторезистор чувствителен к «паразитным» засветкам от окружающих предметов, то мы постарались максимально изолировать установку от лишнего света. Так, измерения проходили в комнате с выключенными

осветительными приборами и только используемой установкой.

С помощью этой установки были также проведен эксперимент для изучения зависимости коэффициентов отражения и пропускания от концентрации красителя в жидкости. Результаты измерений представлены в табл. 5. Концентрация была определена отношением массы красителя к массе раствора, т.е. суммарной массе жидкости и красителя. Было выявлено, что при увеличении концентрации коэффициенты отражения и пропускания уменьшаются, причем для коэффициента пропускания это было более выражено. Данный результат не является неожиданным: повышение концентрации красителя и должно приводить к усилению поглощения света. Построены графики зависимости коэффициентов от концентрации (рис. 2, рис. 3).

Таблица 4

Полученные коэффициенты отражения, пропускания и поглощения для апельсинового сока

Вещество	Коэффициент отражения	Коэффициент пропускания	Коэффициент поглощения
Апельсиновый сок	0,314	0,647	0,039

Таблица 5

Измерение коэффициентов при различной концентрации красителя в жидкости

Концентрация, %	Коэффициент пропускания	Коэффициент отражения
10	0,496	0,375
12,5	0,443	0,355
25	0,420	0,348
40	0,388	0,342
50	0,316	0,327
75	0,254	0,311

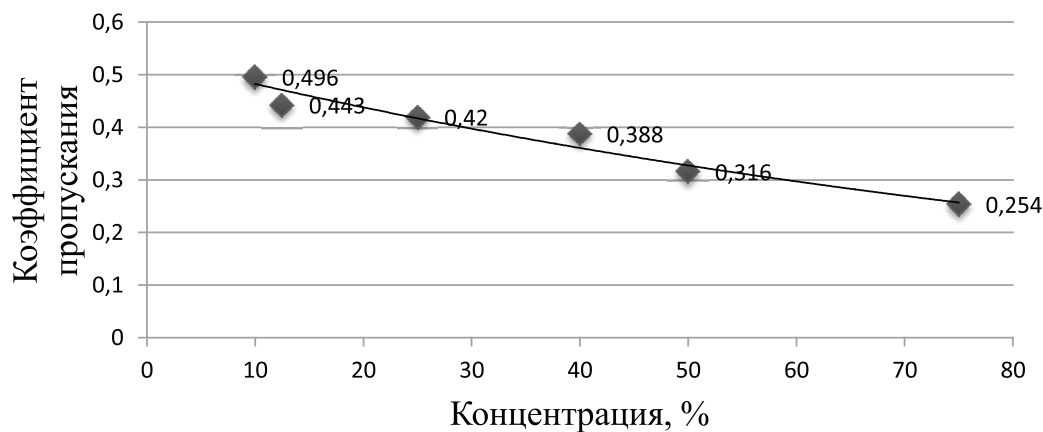


Рис. 2. График зависимости коэффициента пропускания от концентрации красителя в жидкости

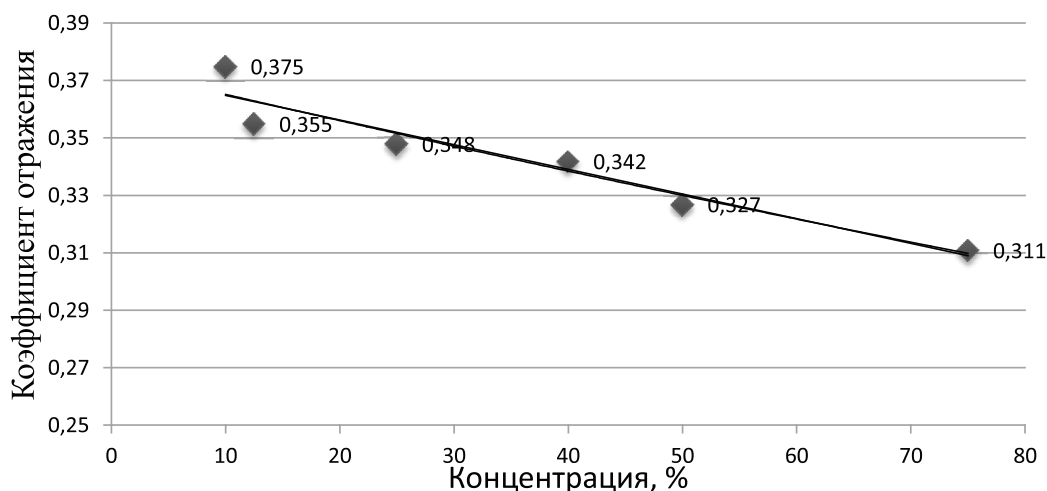


Рис. 3. График зависимости коэффициента отражения от концентрации красителя в жидкости

### Выводы

В ходе работы были изучены оптические свойства жидкостей, процессы отражения, пропускания и поглощения света и определены коэффициенты отражения, пропускания и поглощения для жидкостей разного типа: искусственных и природных, исследовали диапазоны длин волн, которые пропускают жидкие вещества. Путём изучения литературы по этой теме и предыдущих работ получилось создать установки для измерения диапазон длин волн и коэффициентов отражения и пропускания. Мной удалось научиться пользоваться дифракционной решеткой и фоторезистором на практике. Данная работу можно продолжить в направлении изучения оптических свойств у других жидкостей, например, напитков, так как созданная установка позволяет измерять коэффициенты отражения и пропускания для широкого спектра веществ. Созданная установка позволяет просто, в домашних условиях производить исследования оптических свойств жидкостей.

Далее планируется изучать связь оптических свойств с химическим составом исследуемых объектов.

### Список литературы

1. Савельев И.В. «Курс общей физики. Волны. Оптика» книга 4, ООО «Издательство Астрель», 2001 г.
2. Учебное пособие «Элементарный учебник физики» Том 3, под ред. Г.С. Ландсберга, издательство АОЗТ «ШРАЙК», 1995 г.
3. Бутиков Е.И., Кондратьева А.С., «Физика. Электродинамика. Оптика» книга 2, издательство «ФИЗМАТЛИТ», 2001 г.
4. Журнал «Наука и жизнь» №10, 2008 г., издательство АНО «Редакция журнала «Наука и жизнь»
5. Статья в интернете «Ардуино: датчик света на фоторезисторе»
6. <http://robotclass.ru/tutorials/arduino-photoresistor/>
7. Статья в интернете «Коэффициент отражения света, коэффициент поглощения и пропускания света» <http://www.studfiles.ru/preview/5787762/page:14/>
8. Статья в интернете «Отражение света. Закон отражения света. Полное отражение света» <http://fb.ru/article/148134/otrajenie-sveta-zakon-otrajeniya-sveta-polnoe-otrajenie-sveta>
9. Пинский А.А., Граковский Г.Ю. «Физика с основами электротехники», учебное пособие для техникумов, Москва, издательство «Высшая школа», 1985 г.