

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей №15» города Воронежа**

Профильное направление:
естественно - научные дисциплины (физика)

Исследовательская работа по теме:
«Интегрированное исследование эффекта Тиндаля».

Выполнила учащаяся 10 класса:

Кикина Мария Ильинична

Научный руководитель:

Валуйская Ольга Александровна

2023 - 2024 г.

Содержание

1. Введение	3
2. Актуальность	3
3. Цель и задачи	3
4. Проблема и методика исследования	3-4
5. Теоретическая часть	4-6
5.1 Эффект Тиндаля	4
5.2 Закон Рэлея.....	5
5.3 Примеры наблюдение эффекта Тиндаля в повседневной жизни	5
5.4 Сравнительный анализ растворов	5-6
6. Экспериментальная часть	7-15
6.1 Методика проведения эксперимента	7-8
6.2 Полученные результаты	8-15
7. Применение эффекта в медицине и косметологии	15
8. Заключение	15
9. Список литературы	15-16

1. Введение

Нас окружает достаточно большое количество явлений и эффектов, в том числе оптических. Явления - это любые изменения, происходящие в природе. Например, радуга, северное сияние, свечение молнии при грозе, солнечное и лунное затмение и др. Многие явления достаточно хорошо изучены, теория некоторых представлена в школьных учебниках.

В своей работе хотела бы представить световой эффект Тиндаля, который не изучается в школьной программе, но несомненно интересует многих людей.

2. Актуальность

1. Эффект Тиндаля имеет широкий спектр наблюдения и практического применения.
2. В ходе выполнения исследования необходимо применять знания из различных областей науки: физика, химия, медицина.
3. Работа помогает мне в профессиональном определении.

3. Цель и задачи

Цель: исследование эффекта Тиндаля.

Задачи:

1. Изучить литературу, описывающую эффект Тиндаля.
2. Проанализировать, какие параметры необходимо исследовать.
3. Составить план проведения эксперимента, подобрать необходимое оборудование и материалы.
4. Исследовать ключевые параметры.
5. Объяснить полученные результаты.
6. Соотнести экспериментальные данные с теорией.
7. Рассмотреть области практического применения эффекта Тиндаля.

4. Проблема и методика исследования

Проблема исследования: выяснить причину образования конуса Тиндаля в коллоидных растворах; экспериментально установить существенные параметры, влияющие на интенсивность рассеяния света.

Объект исследования: истинные и коллоидные растворы.

Предмет исследования: параметрические зависимости длины видимого светового луча (пучка) и его угла расхождения от концентрации водного раствора молока (коллоидный раствор) для трех источников света (красного, зеленого и фиолетового).

Методика исследования

Теоретические методы: анализ, синтез, сравнение.

Эмпирические методы: изучение источников информации, наблюдение, эксперимент, графическое представление и интерпретация полученных результатов, сравнение теоретических и экспериментальных данных.

Фото-фиксация в ходе исследования для определения важных параметров исследования.

4. Теоретическая часть

5.1. Эффект Тиндаля

Джон Тиндаль - выдающийся ирландский физик, инженер и геодезист. Профессор Королевского института в Лондоне.

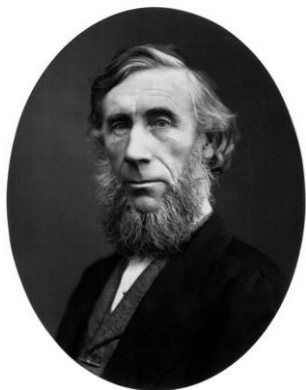


Рис.1
Портрет Джона Тиндаля

Сделал большое количество открытий в области излучения, изучал строение и движение ледников в Альпах. В 1869 году исследовал рассеяние солнечного света и впервые объяснил голубой цвет неба.

Эффект Тиндаля - это оптический эффект, при котором происходит рассеивание света при прохождении светового пучка через оптически неоднородную среду. Чаще всего наблюдается в виде светящегося конуса Тиндаля.

Причина образования эффекта: дифракция света на взвешенных частицах.

Дифракция – явление огибания волнами препятствий.

Условия наблюдения дифракции: препятствие (частица) должно быть соразмерно длине волны падающего света ($\lambda \approx d\chi$).

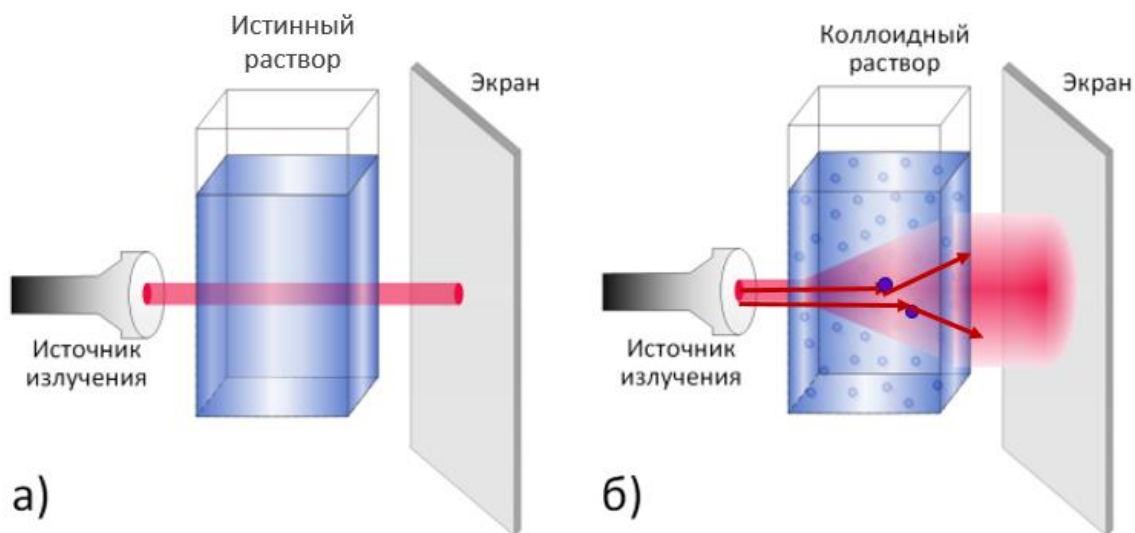


Рис.2. Отклонение лучей света частицами коллоидного раствора.

5.2. Закон Рэлея

Закон Рэлея описывает эффект Тиндаля на количественном уровне: интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна четвертой степени длины волны света.

Представим закон в виде математической формулы.

$$I \sim \frac{1}{\lambda^4}$$

Где,

I – интенсивность рассеянного света

λ – длина волны света.

Рассмотрим шкалу электромагнитных излучений и более детально видимую ее часть от длины волны 700 нм до 400 нм.

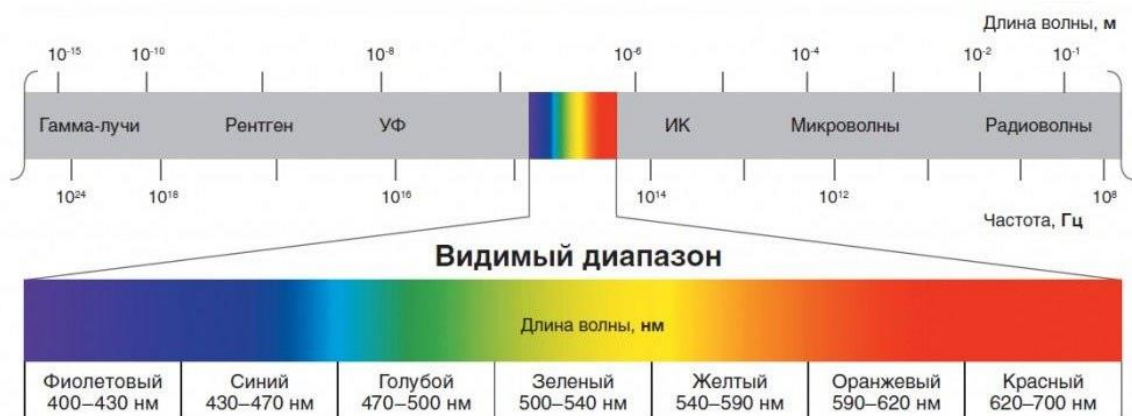


Рис.3. Шкала э/м излучений

На основе анализа закона Тиндаля и шкалы э/м излучений можно сделать вывод: чем меньше длина волны, тем больше интенсивность рассеянного света; лучи света фиолетового цвета с меньшей длиной волны будут больше рассеиваться, чем лучи красного цвета.

5.3. Примеры наблюдения эффекта Тиндаля в повседневной жизни

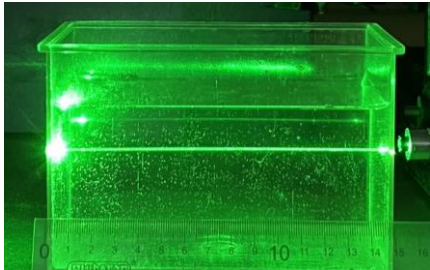
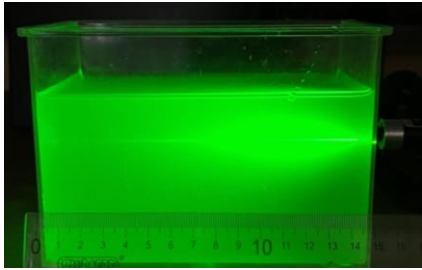
- рассеивание синего света, которое можно увидеть в синем цвете дыма от мотоциклов;
- образование «сиреневого» тумана;
- голубой цвет неба;
- при освещении видимым светом водного раствора молока или хлорфиллипта.

5.4. Сравнительный анализ растворов

Рассмотрим особенности распространения света в различных растворах.

Следует рассматривать растворы, которые будут исследованы в ходе эксперимента: истинные и коллоидные.

Таблица 1.

Вид раствора	Истинные	Коллоидные
Характерная особенность	Истинные растворы всегда прозрачны, они не должны содержать взвешенных частиц и осадка, частицы не видимы в ультрамикроскоп	Благодаря светорассеянию особенно в отраженном свете, кажутся мутными, частицы видимы в ультрамикроскоп
Предел дробления	Молекула или ион	Макромолекулы или мицеллы
Размер частиц	$d \leq 1$ нм, частицы проходят через бумажный фильтр	$1 \text{ нм} \leq d \leq 500 \text{ нм}$, частицы фильтруются бумажным фильтром
Примеры жидкостей (растворов)	Водопроводная вода, глюкоза, натрий хлорид	Кровь, лимфа, молоко, хлорфиллипт
Наблюдение эффекта Тиндаля	<p>Не рассеивают свет, конус Тиндаля не образуется</p>  <p>Фото 1. Распространение луча света от лазерного источника (зеленый цвет с длиной волны 532 нм) в водопроводной воде</p>	<p>Рассеивают свет, образуется характерный конус Тиндаля</p>  <p>Фото 2. Распространение луча света от лазерного источника (зеленый цвет с длиной волны 532 нм) в водном растворе молока</p>

5. Экспериментальная часть

6.1. Методика проведения эксперимента

6.1.1. При помощи микроскопа проведем наблюдение водного раствора молока.

Оборудование: микроскоп, предметное стекло, сосуд с водой, шприц с молоком, термометр.

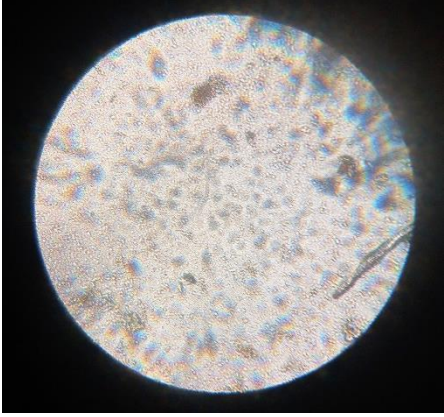

	<p>Что представляет собой молоко?</p> <p>Молочный жир – главный энергетический компонент молока, определяющий особые вкусовые и физико-химические свойства молочных продуктов. Состояние жира в молоке зависит от температуры: в тёплом молоке молочный жир находится в эмульгированном состоянии (в виде капель), а в холодном – в состоянии суспензии (в виде жировых шариков).</p> <p>Результаты наблюдений:</p> <p>Наблюдения проводились при температуре 25°C, по справочным данным можно считать, что молочный жир будет находиться в эмульгированном состоянии. На фотографии хорошо видны скопления маленьких капелек молочного жира.</p> <p>В дальнейшем при проведении экспериментов будем в качестве коллоидного раствора использовать водный раствор молока различной концентрации.</p>
	

Фото 3. Водный раствор молока

6.1.2. Ниже приведена экспериментальная установка для исследования параметров.

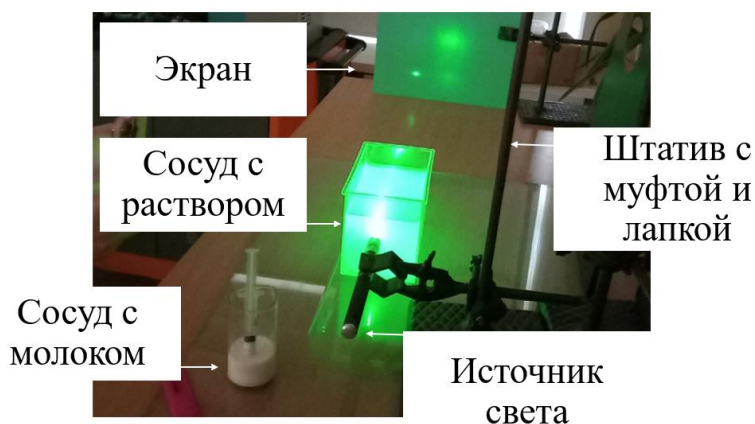


Рис.4. Основная экспериментальная установка.

6.1.3. Методика проведения параметрического исследования.

Оборудование: аквариум с тонкими прозрачными стенками, штатив с муфтой и лапкой, сосуд с водой, шприц с молоком, термометр, линейка, транспортир, источники света: естественный свет, лазерные источники света различной длины волны: $\lambda_{\text{ф}} = 405 \text{ нм}$ (фиолетовый свет), $\lambda_{\text{з}} = 532 \text{ нм}$ (зеленый свет), $\lambda_{\text{к}} = 700 \text{ нм}$ (красный свет).

- В сосуд с тонкими прозрачными стенками нальем 700 мл воды.
- Каждый раз будем добавлять равное количество капель молока 3,2 % жирности одного производителя. Молоко последовательно добавляем до тех пор пока световой луч в растворе уже не просматривается и будет практически полностью рассеиваться.
- В каждом опыте измеряем при помощи линейки «длину видимого» светового луча в растворе и при помощи транспортира угол рассеивания.
- Опыты проводим с тремя лазерными источниками света различной длины световой волны: $\lambda_{\text{ф}} = 405 \text{ нм}$ (фиолетовый свет), $\lambda_{\text{з}} = 532 \text{ нм}$ (зеленый свет), $\lambda_{\text{к}} = 700 \text{ нм}$ (красный свет).
- Опыты проводим как для коллоидного раствора, так и для истинного.
- Для анализа и интерпретации полученных результатов построим диаграммы.

6.2. Полученные экспериментальные данные

6.2.1. Исследование длины видимого светового луча фиолетового цвета от концентрации водного раствора молока (коллоидный раствор).

Условные обозначения:

$\Delta N \text{ км}$ – изменение количества капель молока.

L – «длина видимого» светового луча – длина светового луча, который может наблюдаться в аквариуме визуально.

α – угол рассеяния, наблюдаемый визуально.

Условия проведения эксперимента: $\lambda_{\text{ф}} = 405 \text{ нм}$, $\Delta N \text{ км} = 3$

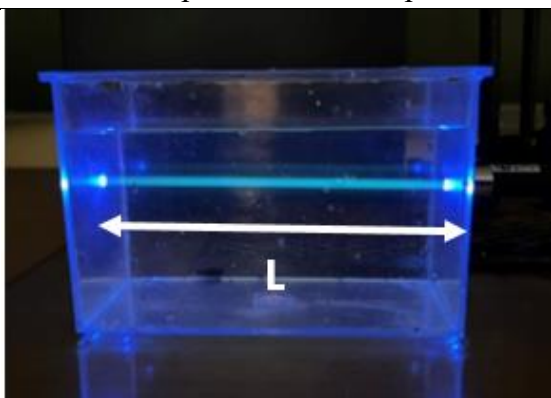


Фото 4. Луч света в водопроводной воде

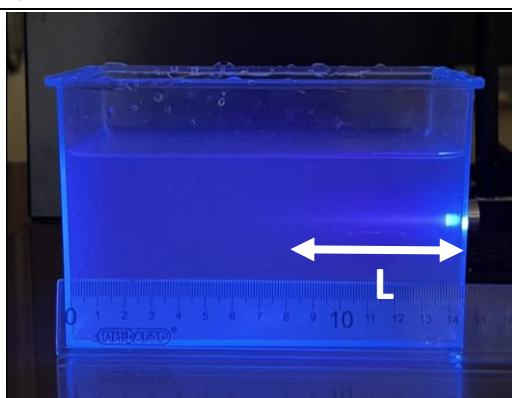


Фото 6. Луч света в водном растворе молока (18 капель)

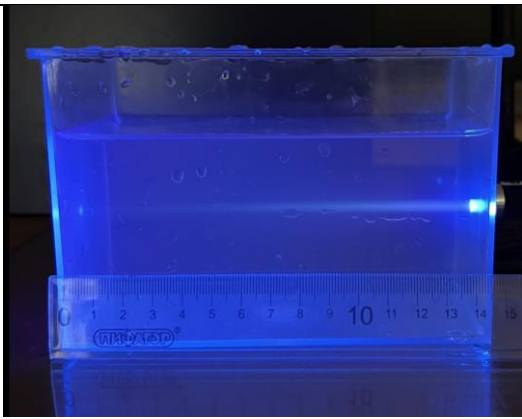


Фото 5. Луч света в водном растворе молока (9 капель)

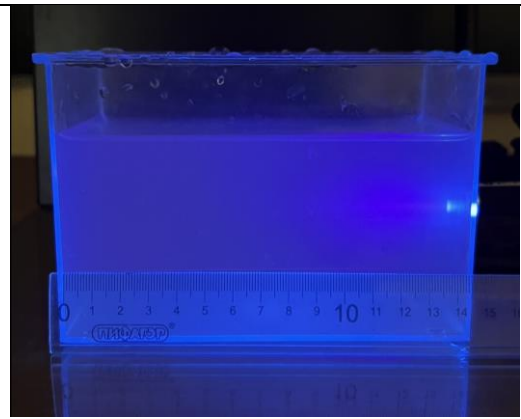
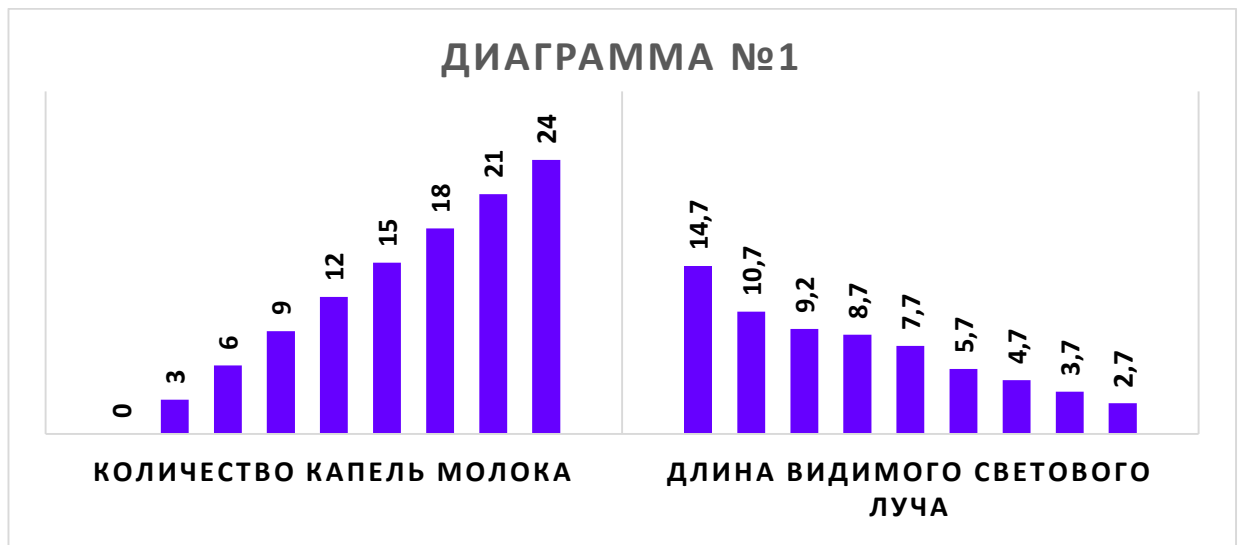


Фото 7. Луч света в водном растворе молока (24 капли)



Вывод: с увеличением количества капель молока в воде, уменьшается длина видимого светового луча, следовательно, увеличивается интенсивность рассеянного света.

6.2.2. Исследование длины видимого светового луча зеленого цвета от концентрации водного раствора молока (коллоидный раствор).

Условия проведения эксперимента: $\lambda_3 = 532 \text{ нм}$, $\Delta N \text{ км} = 3$

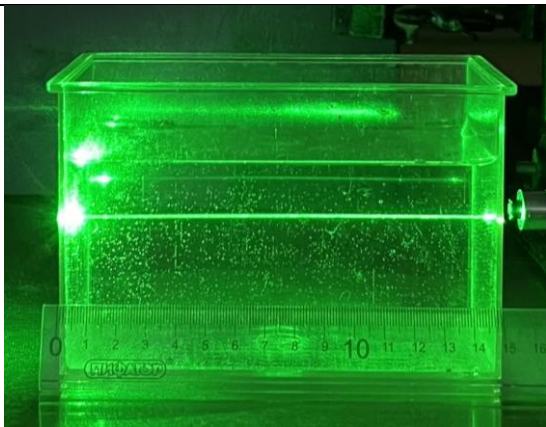


Фото 8. Луч света в водопроводной воде

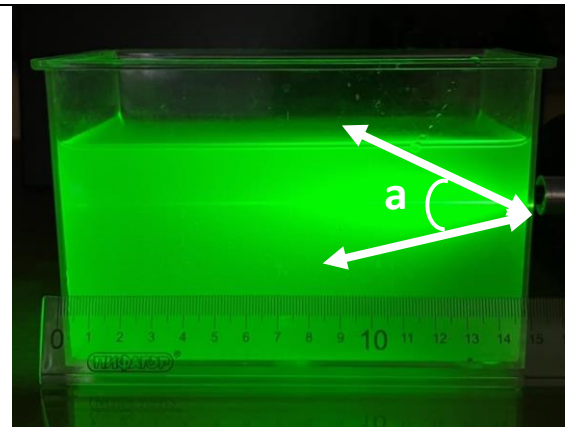


Фото 10. Луч света в водном растворе молока (21 капля, $a = 40^\circ$)

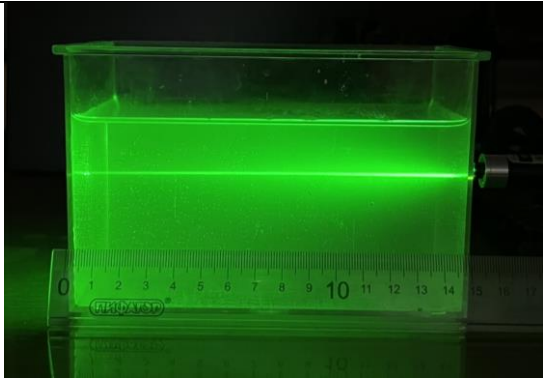


Фото 9. Луч света в водном растворе молока (12 капель, $\alpha = 30^\circ$)

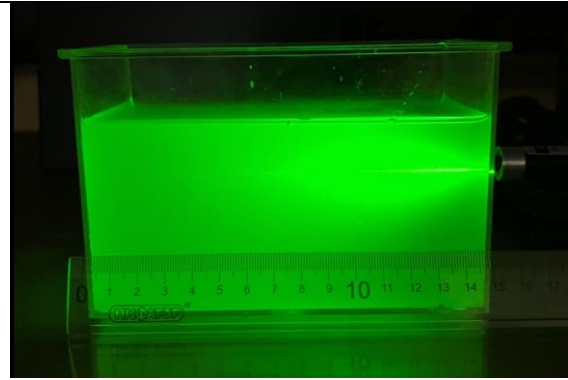
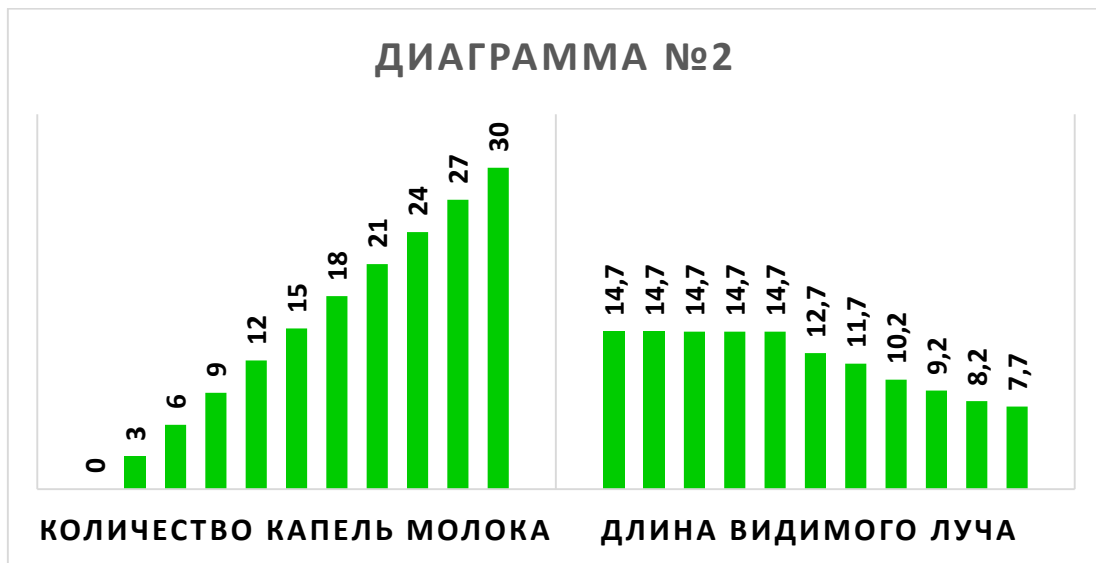


Фото 11. Луч света в водном растворе молока (30 капель, $\alpha = 65^\circ$)



Вывод: с увеличением количества капель молока в воде, уменьшается длина видимого светового луча, увеличивается угол рассеивания, следовательно, увеличивается интенсивность рассеянного света; зеленые лучи рассеиваются меньше, чем фиолетовые.

6.2.3. Исследование длины видимого светового луча красного цвета от концентрации водного раствора молока (коллоидный раствор).

Условия проведения эксперимента: $\lambda_3 = 700 \text{ нм}$, $\Delta N \text{ км} = 3$

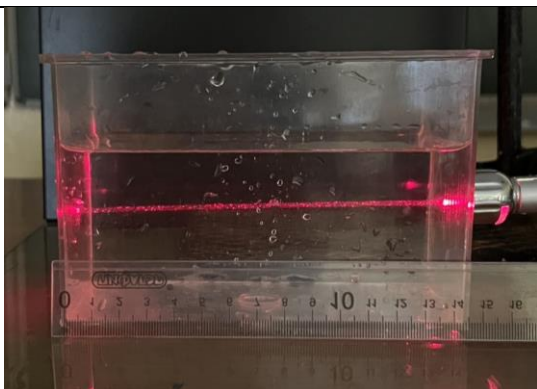


Фото 12. Луч света в водопроводной воде

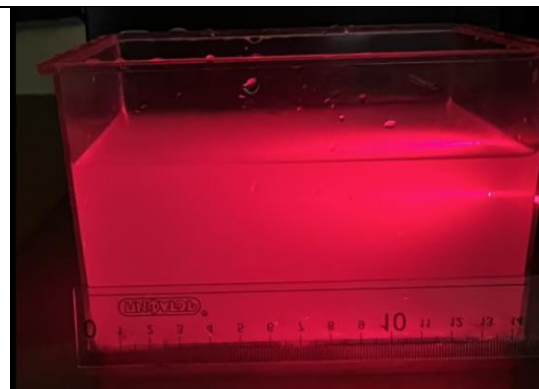


Фото 14. Луч света в водном растворе молока (36 капель, $\alpha = 31^\circ$)

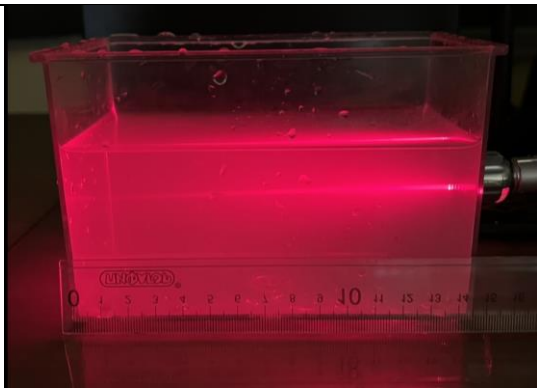


Фото 13. Луч света в водном растворе молока
(18 капель, $\alpha = 20^\circ$)

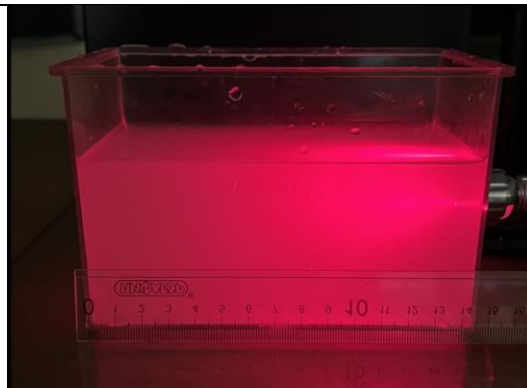
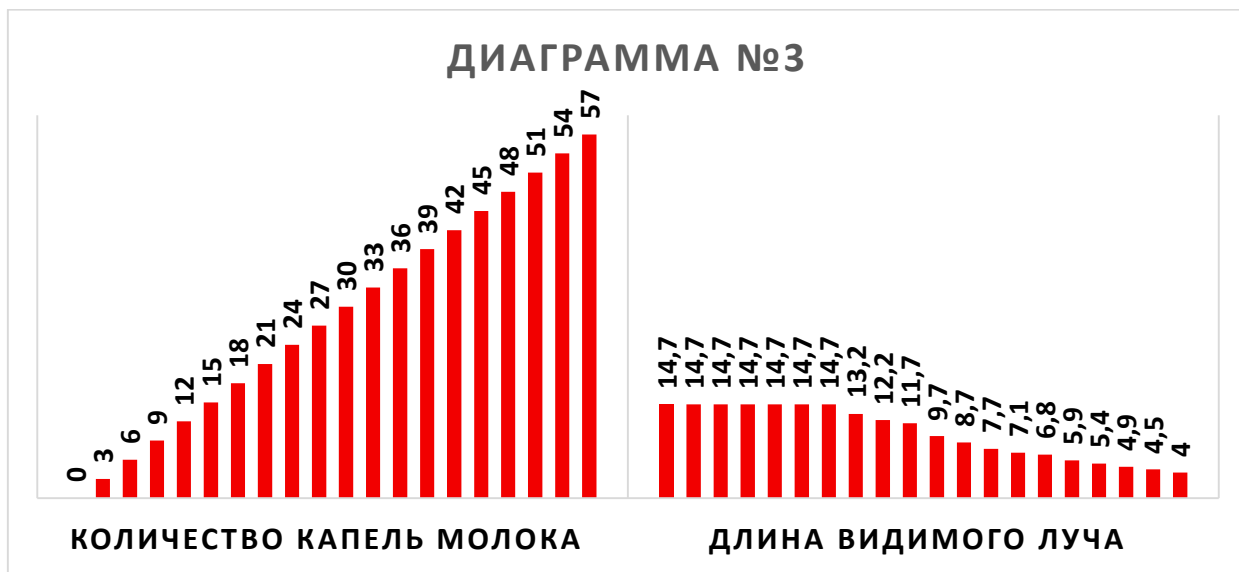
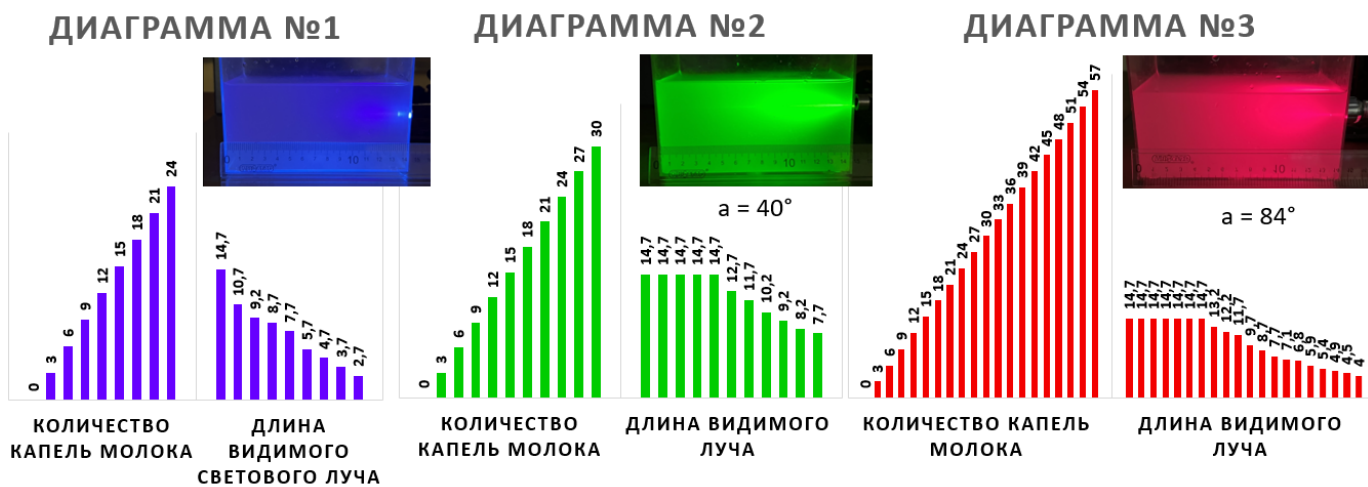


Фото 15. Луч света в водном растворе молока
(57 капель, $\alpha = 84^\circ$)



Вывод: с увеличением количества капель молока в воде, уменьшается длина видимого светового луча, увеличивается угол рассеивания, следовательно, увеличивается рассеивание света, но красные лучи рассеиваются меньше, чем зеленые и фиолетовые.

6.2.4. Сравнительный анализ диаграмм.



Вывод: интенсивность рассеивания света зависит от длины волны света и концентрации коллоидного раствора; полное рассеивание луча света наблюдается при условии

$$\lambda_{\text{ф}} = 405 \text{ нм} \quad \lambda_{\text{з}} = 532 \text{ нм} \quad \lambda_{\text{к}} = 700 \text{ нм}$$

$$N_{\text{км}} = 24 \quad N_{\text{км}} = 30 \quad N_{\text{км}} = 57$$

6.2.5. Исследование зависимости угла расхождения видимого светового пучка от концентрации водного раствора молока (коллоидный раствор)

Условие проведения эксперимента: белый свет (сложный), $\Delta N_{\text{км}} = 1$

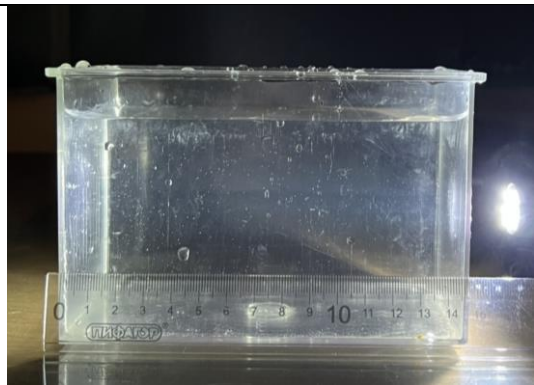


Фото 16. Пучок света в водопроводной воде

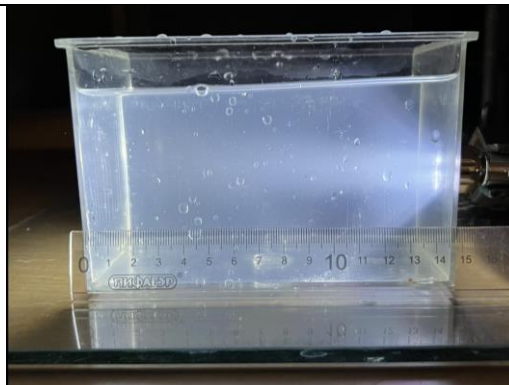


Фото 18. Пучок света в водном растворе молока (5 капель, $\alpha = 90^\circ$)

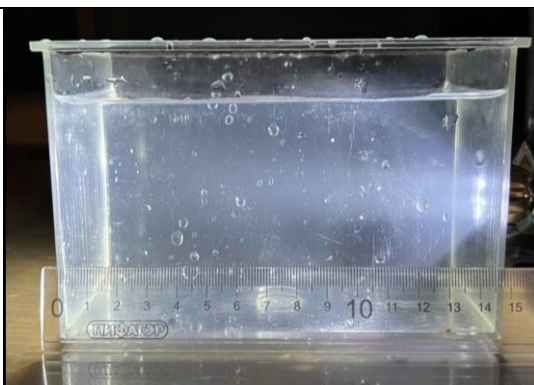


Фото 17. Пучок света в водном растворе молока (2 капли, $\alpha = 91^\circ$)

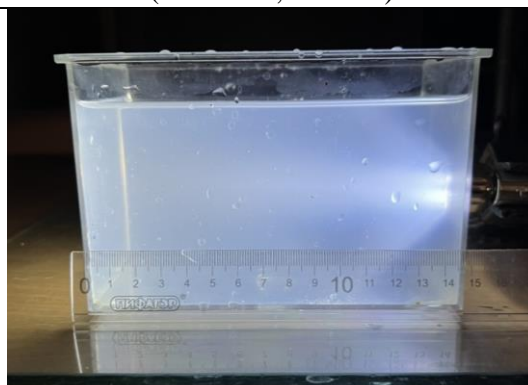
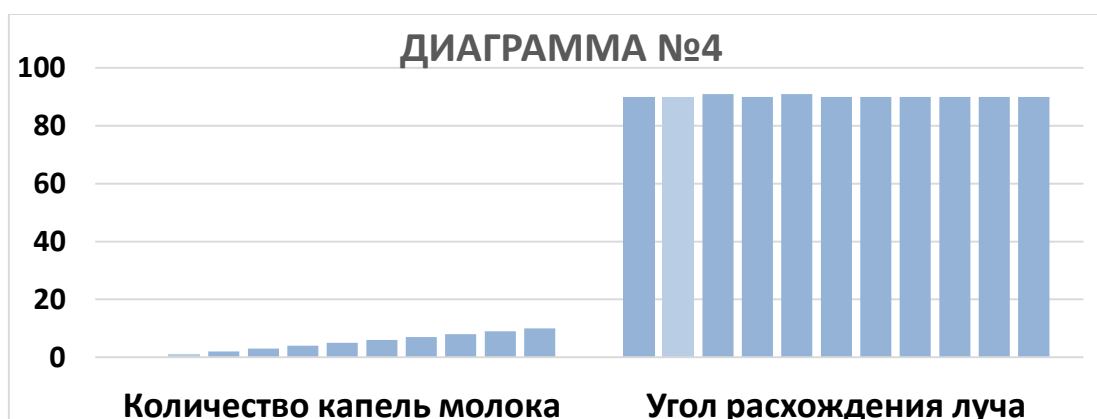


Фото 19. Пучок света в водном растворе молока (10 капель, $\alpha = 90^\circ$)



Вывод: с увеличением количества капель молока в воде, уменьшается прозрачность раствора, но угол рассеивания луча не меняется; раствор приобретает слегка голубоватый оттенок, т.к. из всех лучей видимого света интенсивность рассеяния наибольшая для холодной части спектра.

6.2.6. Наблюдение рассеивание света различных длин волн в водопроводной воде и растворе соли (истинный раствор)

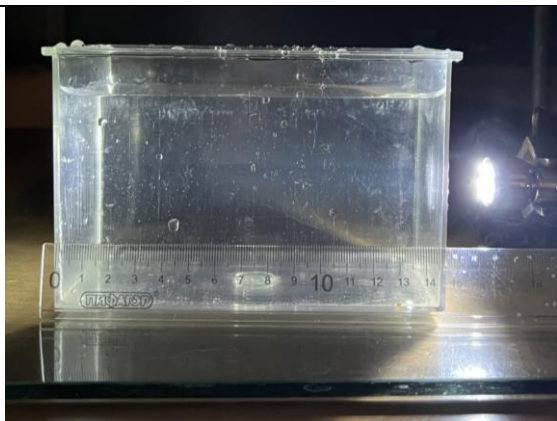


Фото 20. Пучок света в водопроводной воде

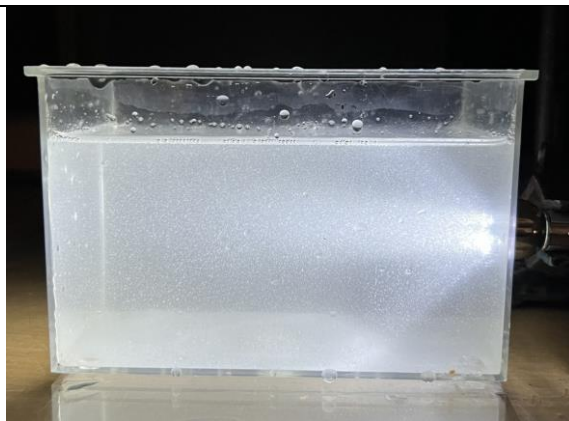


Фото 21. Пучок света в водном растворе соли

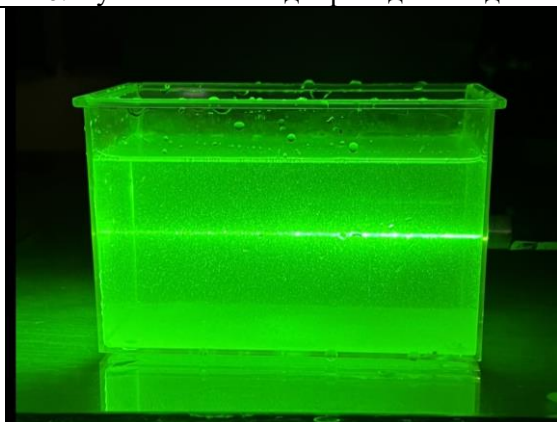


Фото 22.
Луч зеленого света в водном растворе соли

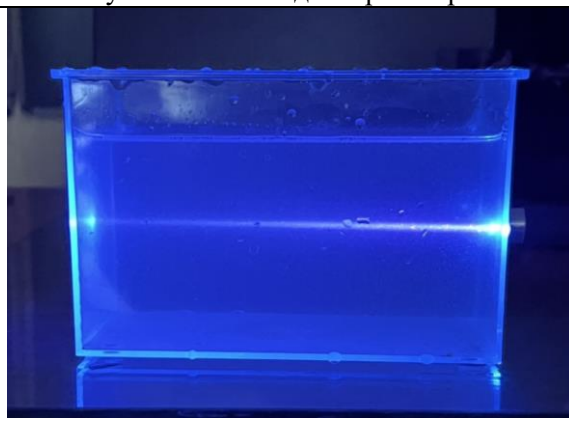


Фото 23.
Луч фиолетового света в водном растворе соли

Вывод: раствор соли является истинным раствором, эффект рассеивания не должен наблюдаться, но он заметен, т.к. в воде присутствуют в малой концентрации макромолекулы некоторых веществ.

6.2.7. Наблюдение рассеивание света различных длин волн в водопроводной воде и растворе сахара (истинный раствор).

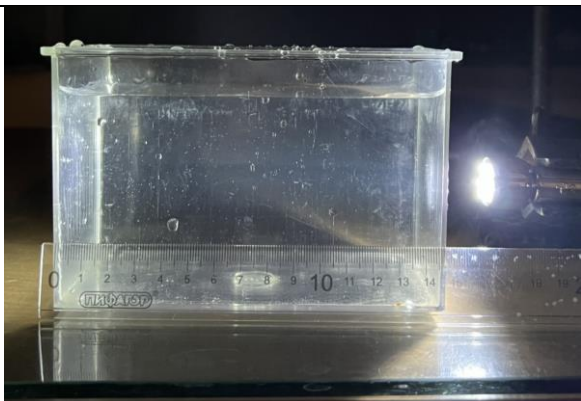


Фото 24. Пучок света в водопроводной воде

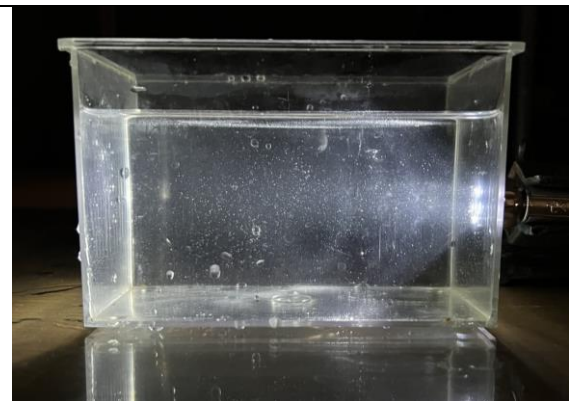


Фото 25. Пучок света в водном растворе сахара

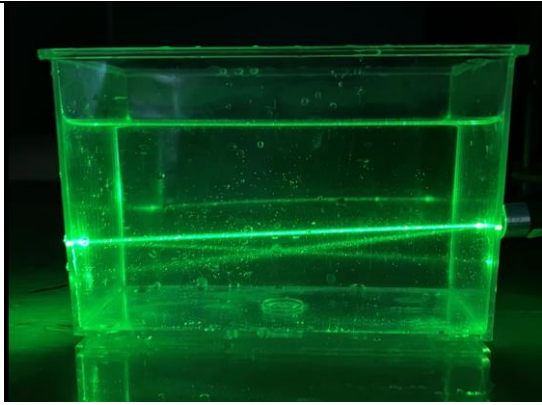


Фото 26.

Луч зеленого света в водном растворе сахара

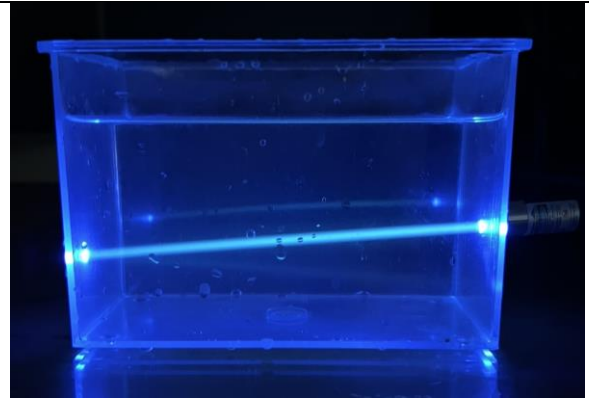


Фото 27.

Луч фиолетового света в водном растворе сахара

Вывод: раствор сахара также является истинным раствором, эффект рассеивания не должен наблюдаться; эффект заметен хуже, чем в растворе соли, значит меньше включений в виде сторонних макромолекул.

6.2.8. Наблюдение распространения света в истинных растворах



Фото 28 - 31.

Распространение света в истинных (медицинских) растворах.

Вывод: в медицинских препаратах натрия хлорида и глюкозы конус Тиндаля не наблюдается для белого сложного света, т.к. данные растворы являются истинными.

7. Применение эффекта в медицине и косметологии

Эффект Тиндаля довольно часто можно наблюдать в косметологии при введении различных инъекций. Если филлер введен слишком поверхностно, то из-за эффекта Тиндаля кожа становится синеватого оттенка.

Зоны повышенного риска возникновения: носогубные складки, губы, брови и т.д.

Причины возникновения эффекта Тиндаля после филлера:

1. Ошибка косметолога из-за неправильной техники введения филлера.
2. Плохое качество филлера.
3. Из-за возраста вероятность возникновения отека высока.
4. Несоблюдение рекомендаций врача по уходу за кожей после процедуры.

Татуаж бровей также получил большую популярность. Но и тут могут возникнуть проблемы из-за эффекта Тиндаля.

В данном случае наоборот, чем глубже вводится пигмент под кожу, тем синее будут брови. Чтобы этого избежать, необходимо вводить пигмент более поверхностно.

8. Заключение

1. Изучена литература, которая описывает эффект Тиндаля.
2. Составлен план проведения эксперимента, подобрано необходимое оборудование и материалы.
3. Проведены опыты по наблюдению эффекта Тиндаля в коллоидных и истинных растворах.
4. Получены зависимости длины светового луча (для различных длин волн) и угла рассеивания от количества капель молока.
5. Полученные результаты согласуются с законом Рэлея.
6. Рассмотрены области наблюдения и практического применения эффекта Тиндаля.

Научно-практическая значимость полученных результатов:

Исследование помогло осмыслить практическую значимость эффекта Тиндаля в химии и косметологии; причину образования конуса Тиндаля в коллоидных растворах; важную роль проектирования, освоения и усовершенствования навыков исследовательской деятельности.

9. Список литературы:

1. Ландсберг Г.С., Элементарный учебник физики: Учеб. Пособие. В 3 т. Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. – 15-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018.- 664 с.
2. Новикова В.А., Варжель С.В., Рассеяние света и его применение в волоконной оптике – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 39 с.

3.Тихомирова С.А., Яворский Б.М., Физика. 11 класс.: учебник для общеобразоват. учреждений (базовый и профильный уровни). - М.: «Мнемозина», 2010.- 303 с.

Интернет-источники:

4.MedUniver.com: Косметология. Просвечивание и эффект Тиндаля после инъекции филлера:

https://meduniver.com/Medical/Dermat/prosvechivanie_fillera.html?ysclid=lqqdmnapl9260955502

5.Новый политехнический словарь.- М.: Большая Российская энциклопедия:
<https://djvu.online/file/pInPcjI6rXK7G>