

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

Исследовательский сектор. Исследования.

Командный кейс «Поляризационный сахариметр»

**ИНФОРМАЦИЯ О КЕЙСЕ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ:**

<b>Компетенция</b>	<b>Сложность</b>			
<i>Постановка гипотезы</i>				
<i>Проведение эксперимента</i>				
<i>Обработка данных</i>				
<i>Формулировка выводов</i>				

**РЕКОМЕНДУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ПОДГОТОВКИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КЕЙСА:**

<b>КОМПЕТЕНЦИЯ</b>	<b>РЕКОМЕНДУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ПОДГОТОВКИ</b>
<i>Постановка гипотезы</i>	<p>Знать: основные законы школьного курса физики по теме «Оптика», подраздела “поляризация”, “дисперсия”.</p> <p>Уметь: на основе теоретических знаний сформулировать задачу по постановке эксперимента, а также способ проверки правильности эксперимента.</p>
<i>Проведение эксперимента</i>	<p>Знать: правила работы с электрическими приборами, оптическими компонентами, выполнения смеси сахарного раствора в необходимой концентрации.</p> <p>Уметь: пользоваться осветительными приборами; электрическими нагревательными приборам; оптическими элементами - поляризационными пленками.</p>
<i>Обработка данных</i>	<p>Знать: основы работы в любом табличном редакторе.</p> <p>Уметь: анализировать экспериментальные данные, строить графики и делать выводы на основании полученных результатов.</p>
<i>Формулировка выводов</i>	<p>Уметь: на основе данных эксперимента и проведенных вычислений сделать вывод о правильности выполнения поставленной задачи.</p>

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Исследовательский сектор. Исследования.

Командный кейс «Поляризационный сахариметр»

---

## 1. Актуальность

Современные научные исследования в биологии и медицине нуждаются в точных измерениях. Оптические методы, использующие поляризацию света, стали очень важными. Например, изучение вращения плоскости поляризации света помогает понять структуру молекул в веществах.

В работе предлагается исследовать вращение плоскости поляризации за счет раствора воды с сахаром, фруктозой, глюкозой. Изучая угол поворота плоскости поляризации, можно определить концентрацию растворов. Также данная работа демонстрирует дисперсию света в оптически активных средах. В результате дисперсии можно наблюдать радужные спирали в колбе.

## 2. Техническое задание

Команде участников предлагается изготовить растворы воды с сахаром, фруктозой, глюкозой и увидеть явление поляризации света в оптически активных средах.

Установка состоит из 3-х прозрачных колб с растворами, также необходимо подобрать мощный источник света: галогенная лампа или светодиодная лампа. Участникам следует изготовить 3 разных раствора для сравнения направления поворота плоскости в них, так как каждый раствор будет поворачивать плоскость поляризации в разных направлениях (по часовой/против часовой стрелки).

Далее следует пронаблюдать эффект поляризации в каждом растворе. Для наблюдения изменения цвета на выходе из раствора следует поставить за колбой белый лист. При повороте второго поляризатора на листе будет наблюдаться изменение цвета. Для наблюдения эффекта следует упорядочить колебания электромагнитной волны света с помощью пары поляризационных листов.

### **Краткая теория:**

Свет представляет собой электромагнитную волну, колебания которой происходят в различных плоскостях равновероятно. Колебания можно упорядочить с помощью специальных оптических устройств - поляризаторов. Свет, проходя через линейный поляризатор, становится плоско поляризованным, так как колебания светового вектора происходят в одной плоскости. Плоскость, перпендикулярная к плоскости колебаний -

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Исследовательский сектор. Исследования.

## Командный кейс «Поляризационный сахариметр»

плоскость поляризации. Существует класс веществ, способных проворачивать плоскость поляризации света, такие вещества называют оптически активными.

Раствор сахара (фруктозы, глюкозы) с водой является оптически активным веществом в силу асимметричности молекул сахара (фруктозы, глюкозы). При пропускании света через такой раствор плоскость поляризации различных длин волн будет меняться (рисунок 1).

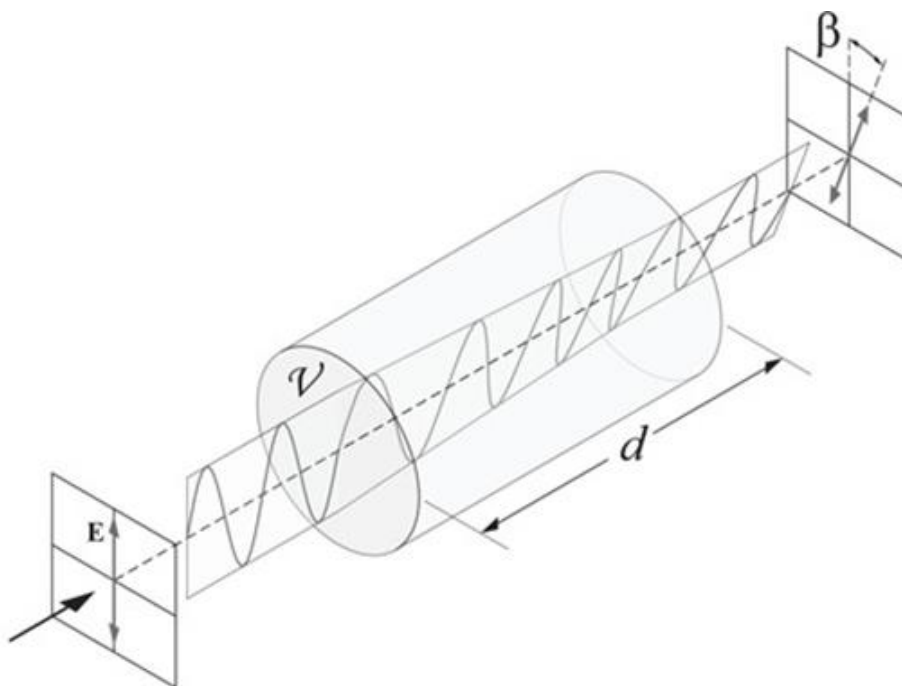


Рисунок 1. Поворот плоскости поляризации на угол  $\beta$  в среде длиной  $d$

Свет можно представить как сумму волн всех цветов. Попадая в раствор, волна каждого цвета с разной скоростью распространяется в нем. В результате в колбе наблюдаются радужные спирали.

Изменение цвета света при выходе из раствора объясняется тем, что второй поляризатор (рисунок 2, пункт 5) на выходе пропускает в каждый момент времени только определенную волну, то есть определенный цвет.

Для различных растворов угол поворота плоскости поляризации будет разным. Измерение этого угла позволяет вычислить концентрацию вещества в растворе по формуле:

$$\rho = \frac{\beta \cdot 10000}{\alpha \cdot L} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$\rho$  - концентрация сахара в растворе;

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Исследовательский сектор. Исследования.

Командный кейс «Поляризационный сахариметр»

---

$\beta$  - измеренный угол поворота поляризации;

$\alpha$  - удельное вращение (в зависимости от температуры и длины волны);

L - длина раствора.

### 3. Этапы работы над кейсом

1) Требования к назначению изделия: измерения концентрации сахара в растворах (сладких газированных напитках и вина) на предприятиях путем поляризованного света

2) Функциональные требования:

2.1) Для получения максимального визуального эффекта концентрация сахарного раствора должна быть 75 миллиграммов сахара на 1 миллилитр воды. Вода должна быть фильтрованной. Для фруктозы и глюкозы концентрация 1.1 кг на 2 литра воды. Необходимо рассчитать концентрацию приготовленного раствора по формуле:

$$\rho = \frac{\text{Сахар}}{\text{Объем воды}} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

2.2) В этом эксперименте очень важно подобрать мощную, яркую лампу. Мощности фонариков, ламп накаливания не хватает, чтобы осветить цилиндрическую кювету. Эффект просто не будет наблюдаться. Светодиодные лампы представляют собой усовершенствованные лампы накаливания, так как они обладают более высокой световой отдачей при одинаковой мощности. В опыте были использованы и диодные, и галогенные лампы. По итогу эффект ярче наблюдался с диодной лампой.

3) Для получения линейно поляризованного света используют специальные устройства - поляризаторы. В качестве поляризаторов используют специальные поляризационные призмы, с помощью которых выделяют один из лучей (обыкновенный или необыкновенный), а второй отводится в сторону или поглощается. Кроме того, широко используются поляроидные плёнки (также встречаются названия: поляроид, поляризационная пленка, поляризатор), состоящие из запрессованных в полиэтилен мелких дихроичных кристаллов.

Расположить листы поляризатора необходимо максимально близко к концам колбы, а расстояние от колбы до лампы — 20 см.

4) Для расчета угла поворота плоскости поляризации используем установку, которая будет описана далее.

Процедура:

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Исследовательский сектор. Исследования.

## Командный кейс «Поляризационный сахариметр»

---

4.1) Установка: Расположите первый поляризационный фильтр (поляризатор) перед источником света. Второй фильтр (анализатор) разместите за первым, на некотором расстоянии. Поворачивайте анализатор до тех пор, пока свет не перестанет проходить через него (полная темнота). Это исходное положение.

4.2) Внесение образца: Поместите сосуд с раствором оптически активного вещества ( в нашем случае растворы сахарозы, глюкозы, фруктозы) между поляризатором и анализатором. Раствор повернёт плоскость поляризации.

4.3) Измерение: Поворачивайте анализатор до тех пор, пока свет снова не перестанет проходить через него. Угол поворота анализатора приблизительно равен углу поворота плоскости поляризации раствором. Транспортиром измерить угол поворота анализатора. Это и будет являться поворотом плоскости поляризации.

#### **4. Регламент испытаний**

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Исследовательский сектор. Исследования.

Командный кейс «Поляризационный сахариметр»

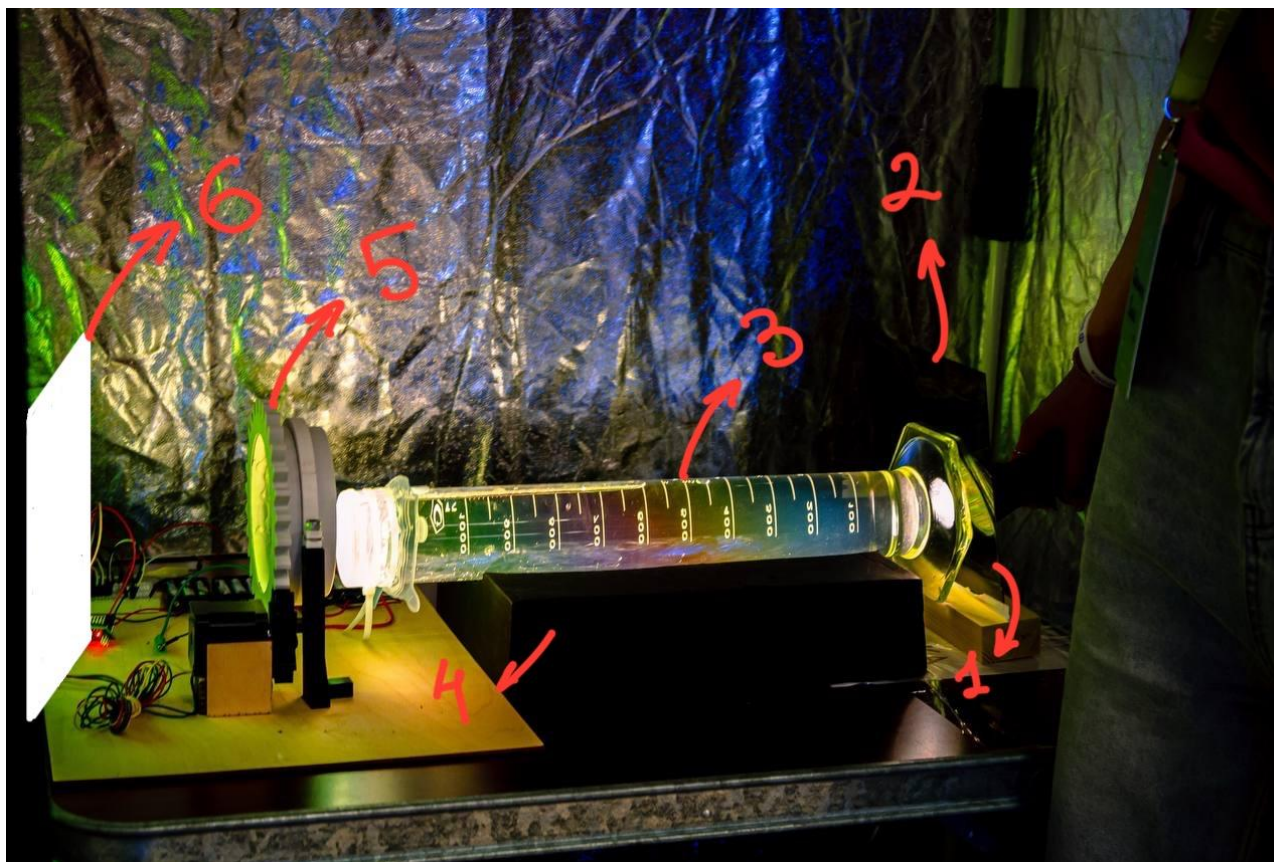


Рисунок 2.

Схема установки (Сахариметр)

(1 - источник света; 2 - поляризационная пленка; 3 - стеклянная прозрачная колба; 4 – подставка; 5 - анализатор; 6 - демонстрационный экран).

Создание установки:

- 1) Приготовить сахарный раствор в цилиндрической колбе или кювете;
- 2) Закрывать конец сосуда резиновой крышкой и зафиксировать крышку стяжками (резинками);
- 3) На одном конце сосуда разместить лист поляризатора, на другом конце - лист анализатора.
- 4) Расположить сосуд одним концом напротив лампы;
- 5) Включить лампу и пустить свет через сосуд;
- 6) Поворачивать анализатор для наблюдения эффекта.

## 5. Примерный перечень средств и инструментов для выполнения исследования



# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Исследовательский сектор. Исследования.

Командный кейс «Поляризационный сахариметр»

№	Наименование
1	Поляризационная пленка (2шт).
2	Стойка штатива для источника излучения.
3	Экран демонстрационный (лист белого картона).
4	Резиновая крышка для колбы.
5	Стяжки или резинки.
6	Источник света: Лампа или фонарь (для колбы в 1 м длиной, необходим фонарь мощностью около 100 Вт).
7	Цилиндрическая колба или кювета.
8	Раствор сахарозы, фруктозы, глюкозы.
9	Транспортер и линейка (для измерения угла поворота плоскости поляризации ).

## 5. Требования к представлению решения кейса

Представляемое командой решение кейса представляет собой описание методики исследования, результатов теоретического и экспериментального исследований и их анализа в формате .pdf. Объем основного текста – не более 30 страниц формата А4, включая рисунки, без учета приложения.

Принимается только машинописный вариант текста. Рекомендуется использование шрифтов Calibri или Times New Roman 12-го кегля с интервалом 1,5. Рекомендуемые отступы – от левого края 3 см; правый, верхний и нижний – 2 см. Выравнивание текста – по ширине.

Титульный лист должен содержать следующие атрибуты: название кейса, сведения об авторах (фамилия, имя, отчество, учебное заведение, класс), название профиля олимпиады.

Также решение должно включать видеоролик, демонстрирующий радужные спирали в колбах и изменение цвета света на выходе из системы поляризаторов и растворов. Видео испытаний готового решения должно однозначно подтверждать авторство участников (во время записи ролика необходимо четко произнести название команды, ФИО участников, номер школы, ФИО руководителя). Видеоролик располагается на стороннем видеохостинге (ВКонтакте, Rutube и др.). В течении всего видео в кадре должна быть разработанная командой

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Исследовательский сектор. Исследования.

## Командный кейс «Поляризационный сахариметр»

---

установка и как минимум один из участников команды, выполняющий все операции с установкой. Вход и выход участников, передача инструмента, деталей и других вещей из кадра недопустимо. Допускается использование второй камеры для более детализированной демонстрации ключевых моментов. Видео должно быть со звуком, на котором отчётливо слышны подаваемые голосовые команды и действия команды. В случае, если эксперты не смогут по видеозаписи однозначно понять результат выполнения задания, принимается решение не в пользу участника.

### **6. Структура и содержание решения кейса**

Документация в обязательном порядке должна включать в себя:

1. Титульный лист (школа, авторы, название кейса, название команды, руководитель).
2. Цель и задачи работы.
3. Описание команды, распределение ролей, функций и обязанностей каждого участника команды.
4. Общее описание работы: этапы работы, описание отдельно каждого этапа.
5. Описание установки.
6. Фотографии разработанной установки и ее составных частей.
7. Заключение, результаты работы, анализ оптического явления, предложения по возможному улучшению устройства.
8. Список литературных источников.
9. Приложение с фотографиями установки и ссылкой на видео.

### **7. Методические материалы (необходимые программы, ссылки, научная литература, онлайн курсы и т.д.)**

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 т. Т. 4. Волны. Оптика: учебное пособие. 5-е изд., испр. — СПб.: Издательство «Лань», 2021. 256 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов. В 5 т. Т. IV. Оптика. — 3-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 792 с.