

МОСКОВСКАЯ  
ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

**ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Кейс № 3**  
**"Поляризационный сахариметр"**

Проект выполнили:

Петровский Анатолий, 10-Т класс, ГБОУ Школа № 2031  
Дзыцюк Иван, 10-Т класс, ГБОУ Школа № 2031  
Панов Артём, 10-Т класс, ГБОУ Школа № 2031  
Храпунова Мария, 10-Т класс, ГБОУ Школа № 2031

Руководители проекта:

Шуняев Иван Викторович, учитель физики,  
ГБОУ Школа № 2031  
Белашова Анна Викторовна, учитель физики,  
ГБОУ Школа № 2031

<b>1. Введение</b>	<b>3</b>
1.1 Актуальность	3
1.2 Цель	3
1.3 Задачи исследовательской работы	3
1.4 Дорожная карта	4
<b>2. Теоретическая часть</b>	<b>4</b>
2.1 Теоретическая часть. Анализ оптического явления	4
2.2 Теоретическая часть. Расчет интенсивности падающего на поляризатор плоско-поляризованного света	6
2.3 Теоретическая часть. Расчет удельного вращения	6
<b>3. Практическая часть</b>	<b>7</b>
3.1 Описание используемого оборудования и материалов для изучения влияния концентрации трех видов сахаров на эффект поляризации света в водных растворах	7
<b>4. Экспериментальная часть работы</b>	<b>8</b>
4.1 Порядок выполнения эксперимента	8
4.2 Систематизация полученных данных. Анализ полученных фотографий	10
4.3 Систематизация полученных данных. Расчет	11
4.4 Анализ полученных результатов. Графики/таблица Excel	13
<b>5. Сопоставление с требованиями ГОСТ</b>	<b>14</b>
<b>6. Выводы</b>	<b>15</b>
<b>7. Установка и ее составные части, разработанные в программе “Компас-3D”</b>	<b>16</b>
<b>8. Перспективы дальнейшей разработки темы</b>	<b>17</b>
<b>9. Видеоматериал</b>	<b>17</b>
<b>10. Список источников</b>	<b>17</b>

## **1. Введение**

### **1.1 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.

### **1.2 Цель**

Целью данного исследования является доказательство поставленной нами гипотезы: по углу поворота поляризации света при прохождении его через раствор можно измерить концентрацию раствора и создать поляризационный сахариметр для определения концентрации сахара, фруктозы и глюкозы в растворах.

### **1.3 Задачи исследовательской работы**

1. Проанализировать оптическое явление, возможные расчеты.
2. Разработать установку в программе “Компас-3D” для проведения замеров углов отклонения плоскости поляризации при прохождении света через растворы.
3. Провести практическую часть работы. Собрать установку для выполнения экспериментальной части работы в соответствии с поставленной целью.
4. Провести экспериментальную часть работы. Приготовить растворы различной концентрации в стеклянной прозрачной кювете из:
  - сахара,
  - глюкозы,
  - фруктозы.
5. Систематизировать и проанализировать полученные данные.
6. Сформулировать выводы на основе проведенного исследования.
7. Создать видеоматериал, демонстрирующий процесс выполнения работы.

## 1.4 Дорожная карта

Планируя работу над кейсом, участники команды распределили направления и сроки деятельности, сформировав дорожную карту, представленную в таблице 1.

Таблица.1. Дорожная карта.

ФИО	Обязанности	Дата выполнения
Храпунова Мария	<ul style="list-style-type: none"><li>- сборка установки и проведение экспериментов (практическая часть);</li><li>- планирование и описание этапов проекта;</li><li>- изучение физики наблюдаемых оптических явлений, теоретическая часть.</li></ul>	16.12.2024 - 27.12.2024 10.01.2025 - 31.01.2025
Петровский Анатолий	<ul style="list-style-type: none"><li>- сборка установки и проведение экспериментов (практическая часть);</li><li>- подготовка раствора;</li><li>- изучение физики наблюдаемых оптических явлений, теоретическая часть.</li></ul>	16.12.2024 - 27.12.2024 10.01.2025 - 31.01.2025
Дзыццюк Иван	<ul style="list-style-type: none"><li>- сборка установки и проведение экспериментов (практическая часть);</li><li>- систематизация и обработка полученных данных, расчетная часть.</li></ul>	16.12.2024 - 27.12.2024 10.01.2025 - 31.01.2025
Панов Артём	<ul style="list-style-type: none"><li>- сборка установки и проведение экспериментов (практическая часть);</li><li>- разработка установки в Компас 3D.</li></ul>	16.12.2024 - 27.12.2024 10.01.2025 - 31.01.2025

## 2. Теоретическая часть

### 2.1 Теоретическая часть. Анализ оптического явления

Электромагнитная волна – цепочка порождающих друг друга переменных вихревых электрических и магнитных полей. Источником электромагнитной волны является ускоренно движущийся электрический заряд. Электрическое поле характеризуется вектором электрической напряженности  $\vec{E}$ , в то время как магнитное поле - вектором магнитной индукции  $\vec{B}$ . Вектор напряжённости электрического поля – это векторная физическая величина, модуль которой равен отношению силы, действующей на неподвижный точечный заряд, помещенный в данную точку, к величине самого заряда. Вектор магнитной индукции – векторная физическая величина,

являющаяся силовой характеристикой магнитного поля. Свет является электромагнитной волной.

Электромагнитные волны всегда поперечны, так как колебания векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  совершаются во взаимно перпендикулярных друг другу плоскостях и перпендикулярны вектору распространения волны.

Рассматриваемый в работе процесс поляризации заключается в преобразовании естественного света в поляризованный. Естественный свет – это свет, в котором направление электрического поля хаотично меняется от места к месту, то есть колеблется случайным образом во всех возможных плоскостях. Поляризация является процессом упорядочивания направления колебаний вектора электрической напряженности. Свет, вектор напряженности которого колеблется только в одной плоскости, называется линейно поляризованным.

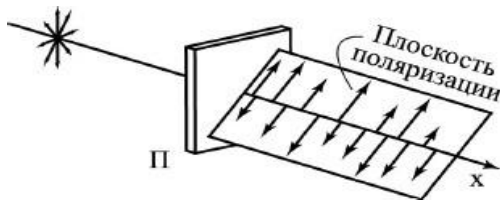


Рис. 1. Поляризация естественного света.

Из естественного света можно получить поляризованный с помощью прибора – поляризатора. Поляризатор представляет собой пленку кристаллического вещества – поляроида. Особенность поляроида заключается в том, что он обладает линейным дихроизмом, то есть вещество по-разному поглощает свет с взаимно перпендикулярными направлениями линейной поляризации. Таким образом, поляроид пропускает свет с определенным направлением колебаний  $\vec{E}$ , это же направление называется осью поляризатора. Прошедший через поляризатор луч естественного света становится плоско поляризованным (Рис. 1).

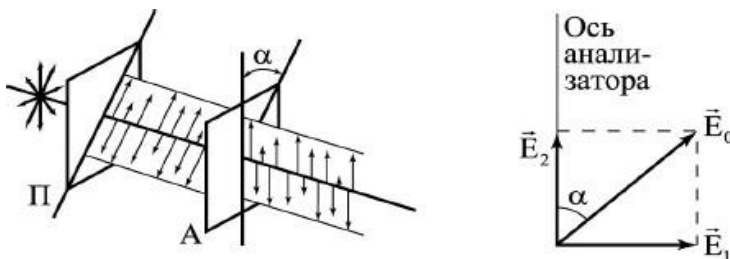


Рис. 2. Прохождение естественного света через анализатор.

Оптическое вращение или вращение плоскости поляризации представляет из себя изменение плоскости поляризации вокруг оптической оси линейно поляризованного света при его прохождении через оптически активные вещества (рис.2) [1].

**Дисперсия света** – это разложение белого света в спектр (разноцветные полосы), когда он проходит через призму или другую среду. Это происходит, потому что свет с разными длинами волн (цветами) преломляется под разными углами.

Разноцветные полосы появляются, так как свет каждого цвета (от фиолетового до красного) выходит из призмы в различном направлении.

## 2.2 Теоретическая часть. Расчет интенсивности падающего на поляризатор плоско-поляризованного света

**Закон Малюса** – физический закон, выражающий зависимость интенсивности линейно-поляризованного света после его прохождения через поляризатор от угла  $\varphi$  между плоскостями поляризации падающего света и поляризатора. Говорит о том, что интенсивность плоскополяризованного света в результате прохождения плоско-поляризующего фильтра падает пропорционально квадрату косинуса угла между плоскостями поляризации входящего света и фильтра [2].

Согласно **закону Малюса**:

$$I = k I_0 \cos^2 \varphi, \text{ где}$$

$I_0$  – интенсивность падающего на поляризатор света,

$I$  – интенсивность света, выходящего из поляризатора,

$k$  – коэффициент прозрачности поляризатора,

$\varphi$  – угол между разрешенным направлением поляризатора и направлением поляризации входного света.

## 2.3 Теоретическая часть. Расчет удельного вращения

**Закон Био**: угол вращения плоскости поляризации света в растворе оптически активного вещества прямо пропорционален концентрации вещества и длине пути света в растворе, а также зависит от удельного вращения вещества, которое определяется природой вещества, длиной волны света и температурой.

$$\rho = \frac{\beta}{l \alpha}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{l \rho} \frac{\text{град} \cdot \text{мл}}{\text{г} \cdot \text{дм}}$$

$\rho$  - концентрация сахара в растворе, г/мл,

$\beta$  - измеренный угол поворота поляризации в градусах,

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

L - длина раствора, дм.

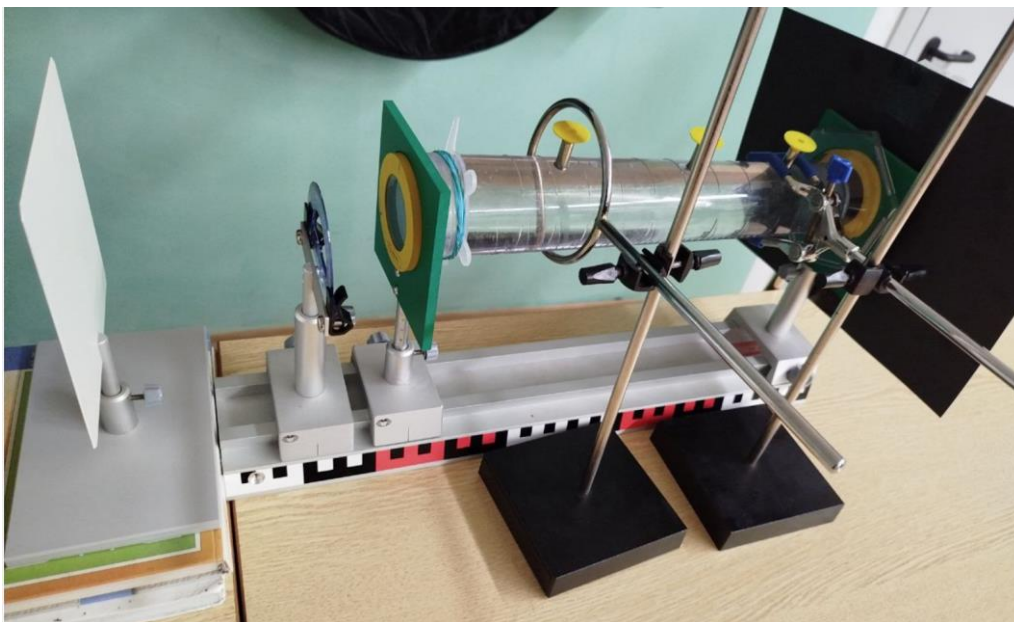
### 3. Практическая часть

#### 3.1 Описание используемого оборудования и материалов для изучения влияния концентрации трех видов сахаров на эффект поляризации света в водных растворах

Для выполнения работы был собран поляризационный сахариметр, включивший в себя инструменты с характеристиками, представленные в таблице 2.

Табл. 2. Перечень инструментов.

	Инструменты	Характеристики
1.	Источник света, лампа	мощностью 70 Вт температура лампы: 6500К пик излучения на длине волны 446 нм
2.	Поляризационная пленка	2 шт, толщина пленки 0,05 ÷ 0,1 мм
3.	Стеклянная прозрачная цилиндрическая колба	длина 32 см, диаметр изменяемый, от 5,1 см со стороны основания, до 6,1 см со стороны отверстия
4.	Оптическая скамья	длина 50 см
5.	Анализатор	толщина 0,05 мм
6.	Экран демонстрационный	15 см • 15 см
7.	Транспортир и линейка (для измерения угла поворота плоскости поляризации )	внутренний диаметр 4,8 см внешний диаметр 8 см
8.	Рейтеры	5 шт
9.	Резиновая крышка для колбы	диаметр 5,9 см
10.	Стяжки, резинки	2 шт
11.	Раствор сахарозы, фруктозы, глюкозы (моногидрата декстрозы)	3 шт



*Рис. 3. Поляризационный сахариметр.*

В собранной установке поляризатор расположен перед мощной настольной лампой вплотную, анализатор размещен за первым поляризационным фильтром на равной высоте. Демонстрационный экран находится на расстоянии 11 см от анализатора (рис. 3.).

#### **4. Экспериментальная часть работы**

##### **4.1 Порядок выполнения эксперимента**

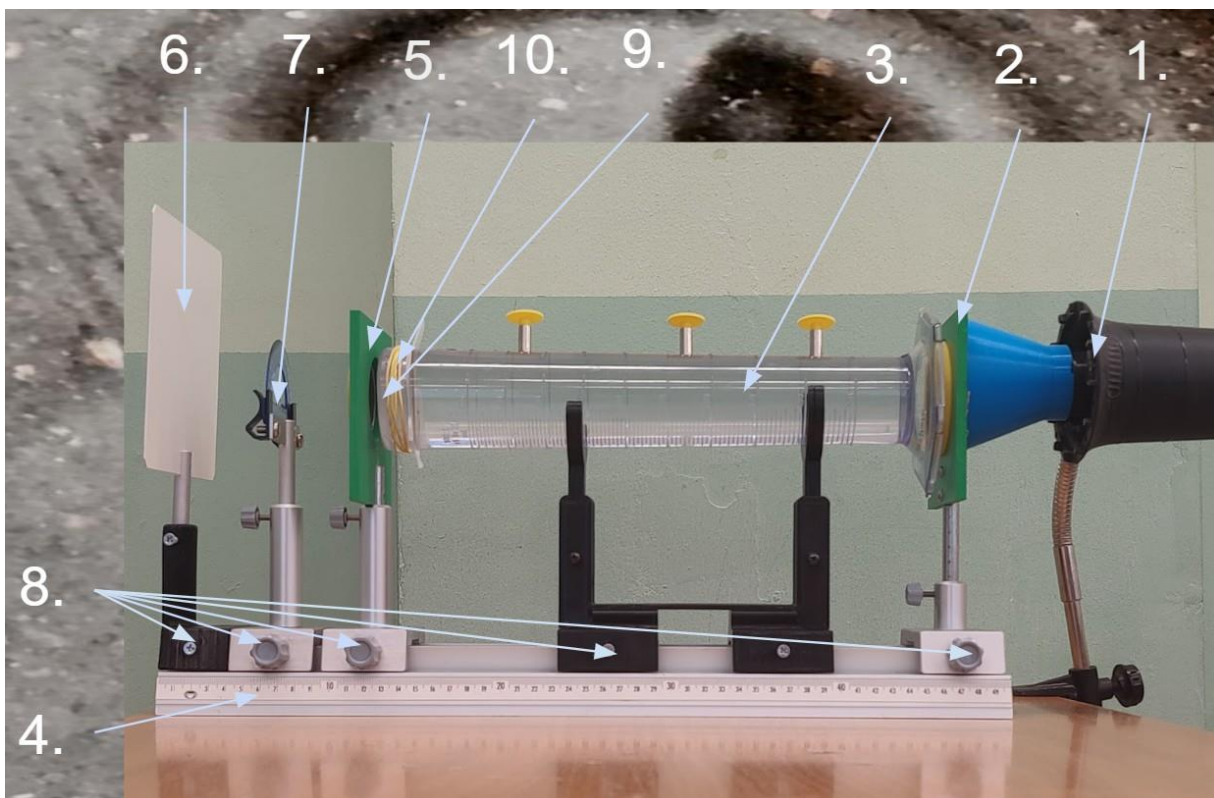
**Цель работы:** изучения влияния концентрации трех видов сахаров на эффект поляризации света в водных растворах.

**Задачи:** создать поляризационный сахариметр.

**Оборудование:**

- 1 - Источник света.
- 2 - Поляризатор.
- 3 - Прозрачная цилиндрическая колба.
- 4 - Оптическая скамья.
- 5 - Анализатор.
- 6 - Экран демонстрационный.
- 7 - Транспортёр (для измерения угла поворота плоскости поляризации).
- 8 - Стойки штатива для поддержки колбы, рейтеры.
- 9 - Резиновая крышка для колбы.
- 10 - Резинки для фиксации крышки.
- 11 - Раствор сахарозы, фруктозы, глюкозы (моногоидрата декстрозы).





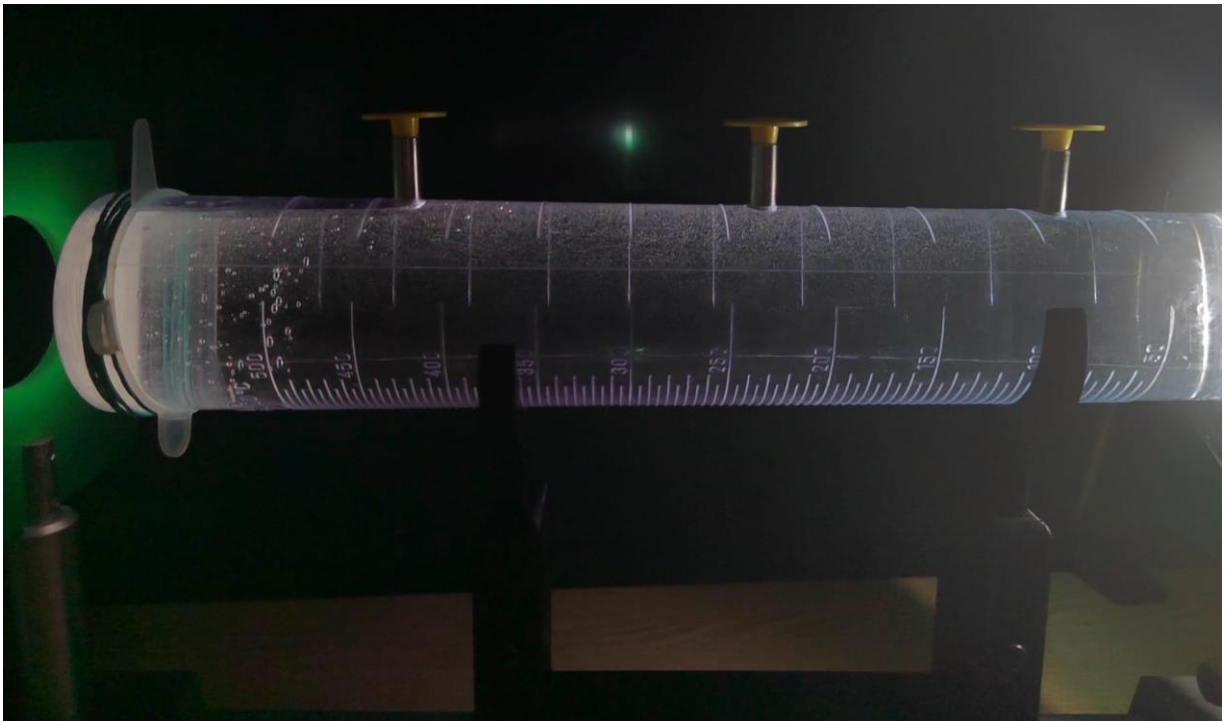
*Рис. 4. Поляризационный сахариметр, составные части установки.*

#### **Ход работы:**

1. Собрать установку, включить лампу и пустить свет, настроить работу установки.
2. Приготовить растворы разной концентрации из сахара, глюкозы и фруктозы в стеклянной прозрачной кювете.
3. Закрыть конец сосуда резиновой крышкой и зафиксировать ее резинками.
4. Поместить сосуд в собранную установку, расположив одним концом напротив лампы.
5. Включить лампу и пустить свет через сосуд.
6. Поворачивать анализатор до тех пор, пока свет не перестанет проходить через него.
7. Транспортиром измерить угол поворота анализатора (угол поворота плоскости поляризации).

Эксперимент проводится с разными растворами:

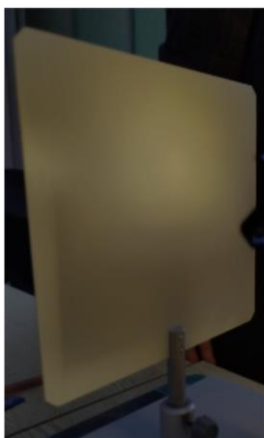
- сахара,
- глюкозы (моногидрата декстрозы),
- фруктозы.



*Рис. 5. Окрас стенок цилиндрической кюветы сахариметра, вызванный дисперсией света в растворе сахара.*

#### **4.2 Систематизация полученных данных. Анализ полученных фотографий**

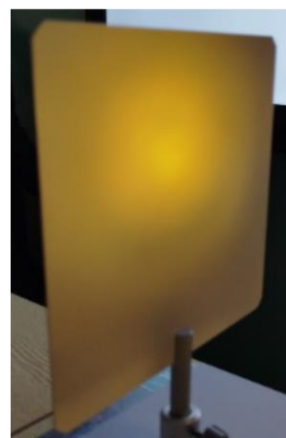
Изменение интенсивности освещения экрана при вращении анализатора от минимального светопропускания до максимального представлено на Рис. 5а, б, в (с углами поворота от отметки с максимальным светопропусканием на  $45^\circ$ ,  $22.5^\circ$  и  $0^\circ$  соответственно).



*Рис. 5а,  $45^\circ$*



*Рис. 5б,  $22.5^\circ$*



*Рис. 5в,  $0^\circ$*

Изменение цвета на экране связано с различием плоскости поляризации у разных длин волн. Можно установить анализатор в положение, при котором желтый цвет переходит в зеленый, а синяя часть спектра гасится (имеет малую интенсивность).

#### 4.3 Систематизация полученных данных. Расчет

Табл.3. Результаты экспериментов.

Раствор вещества	Концентрация вещества в растворе, г/см <sup>3</sup>	Угол поворота поляризации, град	Угол поворота поляризации, рад	Удельное вращение, град·мл/(г·дм)	Длина цилиндрической кюветы, дм
Сахар	0,03	20	0,35	208,3	3,2
	0,056	38	0,66	212,1	3,2
	0,113	45	0,79	124,4	3,2
	0,168	50	0,87	93,01	3,2
	0,23	56	0,98	76,1	3,2
Глюкоза	0,056	20	0,35	111,6	3,2
	0,113	38	0,66	105,1	3,2
	0,168	60	1,05	111,6	3,2
Фруктоза	0,056	16	0,28	89,3	3,2
	0,113	40	0,7	110,6	3,2
	0,168	57	0,99	106	3,2

$$\alpha = \frac{\beta}{l\rho}$$

1) Удельное вращение для раствора сахара

$$\alpha_1 = \frac{20^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,03 \text{ г/см}^3} \approx 208,3 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_2 = \frac{38^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,056 \text{ г/см}^3} \approx 212,1 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_3 = \frac{45^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,113 \text{ г/см}^3} \approx 124,4 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_4 = \frac{50^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,168 \text{ г/см}^3} \approx 93,01 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_5 = \frac{56^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,23 \text{ г/см}^3} \approx 76,1 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{208,3 + 212,1}{2} = 210,2 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм}) \text{ (среднее значение по первым двум парам)}$$

удельного вращения, когда график зависимости имеет линейный вид)

2) Удельное вращение для раствора глюкозы:

$$\alpha_1 = \frac{20^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,056 \text{ г/см}^3} \approx 111,6 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_2 = \frac{38^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,113 \text{ г/см}^3} \approx 105,1 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_3 = \frac{60^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,168 \text{ г/см}^3} \approx 111,6 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{111,6 + 105,1 + 111,6}{3} \approx 109,4 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

3) Удельное вращение для раствора фруктозы:

$$\alpha_1 = \frac{16^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,056 \text{ г/см}^3} \approx 89,3 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_2 = \frac{40^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,113 \text{ г/см}^3} \approx 110,6 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

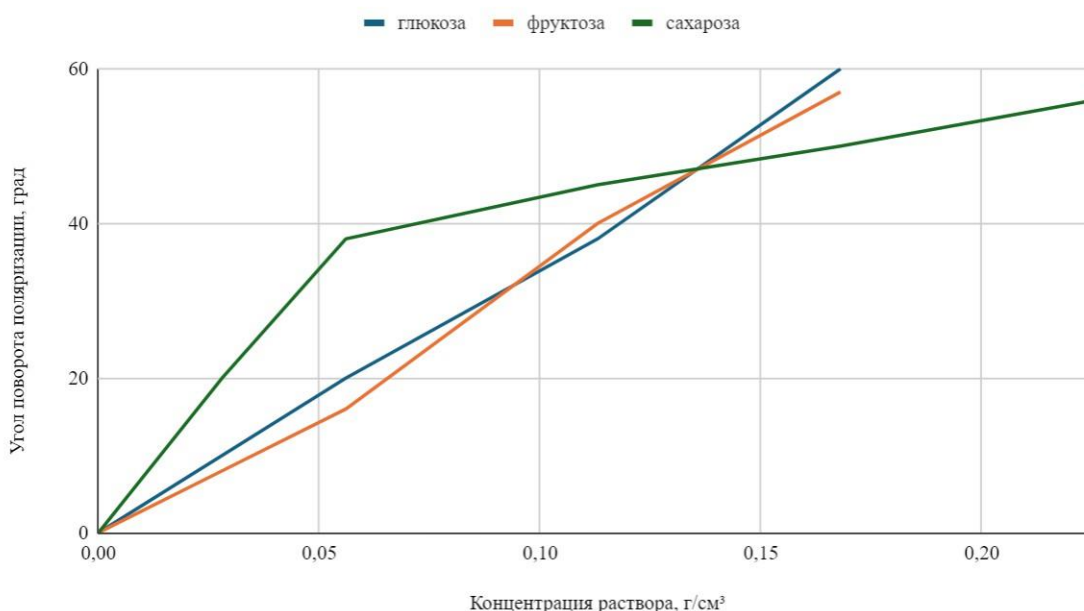
$$\alpha_3 = \frac{57^\circ}{3,2 \text{ дм} \cdot 0,168 \text{ г/см}^3} \approx 106 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{89,3 + 110,6 + 106}{3} \approx 101,9 \text{ град} \cdot \text{мл}/(\text{г} \cdot \text{дм})$$

#### 4.4 Анализ полученных результатов. Графики/таблица Excel

	глюкоза	фруктоза	сахароза
Концентрация раствора, г/см <sup>3</sup>	Угол поворота поляризации, град	Угол поворота поляризации, град	Угол поворота поляризации, град
0	0	0	0
0,028	10	8	20
0,056	20	16	38
0,113	38	40	45
0,168	60	57	50
0,226			56

Зависимость угла поворота плоскости поляризации в водных растворах глюкозы, фруктозы и сахарозы от концентрации раствора



Для растворов глюкозы и фруктозы выполняется закон Био, так как графики прямые, проходящие через начало координат, было измерено удельное вращение при длине волны 446 нм. По графику раствора сахара видно, что закон Био выполняется только при небольших значениях концентрации, начиная примерно с концентрации 0,056 г/см<sup>3</sup>, закон более не выполняется.

Предполагаемое объяснение поведения сахара состоит в следующем. Сахароза представляет собой дисахарид — соединение молекул глюкозы и фруктозы (моносахаридов). В воде сахароза может разлагаться на глюкозу и фруктозу, что называется гидролизом сахара. В чистой воде такой процесс идет очень медленно, однако

он ускоряется при наличии катализатора. В качестве катализаторов могут быть кислород, углекислый газ, кислоты, фермент сахараза [6, 7]. В нашем случае в воде присутствуют растворенные газы.

Во время опытов при большой концентрации сахара мы заметили большое количество пузырьков газа, выделяющихся на микроскопических кристаллах сахара. Предположительно, эти газы могут служить катализатором гидролиза сахара. При небольшой концентрации пузырьков слишком мало, и гидролиз сахара почти не происходит (поэтому имеем прямой участок графика). Но чем больше кристаллов сахара, тем больше выделяется растворенных в воде газов, в том числе кислорода и углекислого газа. Они катализируют гидролиз части сахара, в результате чего часть сахарозы разлагается на фруктозу и глюкозу, вращающие плоскость поляризации в противоположные стороны. В наших опытах удельное вращение глюкозы и фруктозы примерно одинаковое, что означает, что они взаимно подавляют поворот плоскости поляризации. В результате плоскость поляризации поворачивается на меньший угол, чем ожидается, так как целой сахарозы в растворе остается меньше.

## 5. Сопоставление с требованиями ГОСТ

В работе проведено сравнение с материалами ГОСТов с целью сравнения полученных значений удельного вращения веществ с результатами, полученными в других опытах, и выявления отличий от данных, полученных на разработанной установке. Следует отметить, что удельное вращение по ГОСТу измеряется при освещении раствора светом ртутной или натриевой лампы (зеленая и желтая часть спектра соответственно), что отличается от условий проведенного эксперимента (светодиодная лампа с пиком излучения в голубой части спектра), поэтому полученные данные частично отличаются, что обусловлено длиной волны голубого света, который может оказывать влияние на значение удельного вращения.

- ГОСТ 5833-75 Реактивы. Сахароза. Технические условия.
- ГОСТ 18995.3-73 Продукты химические органические. Метод определения величины удельного вращения.
- ГОСТ 975-88 Глюкоза кристаллическая гидратная. Технические условия.

*Фруктоза*, по данным Государственной фармакопеи Российской Федерации, XV издания, [5], должна соответствовать следующим параметрам:

- Удельное оптическое вращение (ОФС «Оптическое вращение»).

От  $-93,5$  до  $-91,0$  град·мл/(г·дм) в пересчете на безводное вещество, что примерно соответствует нашим данным. Растворяют 10,0 г испытуемого образца в 80 мл

воды, прибавляют 0,2 мл аммиака раствора 6 М, выдерживают в течение 30 мин и доводят объем раствора водой до 100,0 мл. В данной работе фруктоза растворялась в воде и сразу использовалась в эксперименте (без добавления аммиака).

#### *Сахароза*

В ГОСТ 5833-75 для проведения исследования используется мелкокристаллический порошок сахарозы, соответствующий стандартам по физико-химическим показателям. Удельное вращение сахарозы по ГОСТу составляет от +66,3 до +66,8 град·мл/(г·дм), что почти вдвое меньше измеренных в данной работе значений..

- В проведенных и описанных выше опытах использовался сахар, произведенный по ГОСТ 33222—2015[8], согласно которому кристаллический белый сахар выпускают с размерами кристаллов от 0,2 до 2,5 мм включительно. Этим можно объяснить некоторую разницу в результатах исследований.

В ГОСТ 3885—73, п.2.11 из отобранных упаковочных единиц отбирают точечные пробы с разных уровней.

- В проведенных опытах пробы не отбирались.

В ГОСТ 18995.3-73 колбу с приготовленным раствором выдерживают в термостате в течение 30 минут, после чего доводят объем раствора до метки водой или растворителем, перемешивают и снова выдерживают в термостате.

- В данном исследовании не применяли термостат и измеряли изначально готовый раствор, без добавления в него растворителей.

#### *Глюкоза*

Удельное вращение глюкозы составляет от +52,5 до +53,0 по ГОСТ, что вдвое меньше наших данных.

### **6. Выводы**

- Созданная установка позволяет определять концентрацию раствора по углу поворота плоскости поляризации.
- В ходе работы определены численные значения удельного вращения в водных растворах глюкозы, сахарозы, фруктозы.
- Направления поворота плоскости поляризации в водных растворах глюкозы и сахарозы происходит по часовой стрелке, в водном растворе фруктозы против часовой стрелки.
- При сравнении с требованиями ГОСТ были выявлены отличия в:



- в размерах кристаллов сахара,
- методике приготовления растворов (выдерживание в термостате, перемешивание),
- использовании дополнительных химических реагентов (например аммиак),
- возможных примесях в исследуемых образцах.

Все расхождения результатов предположительно связаны с отличием источников освещения (длиной волны света), химической чистотой растворов и различиями в методике измерения.

## 7. Установка и ее составные части, разработанные в программе “Компас-3D”

Для выполнения работы были спроектированы и напечатаны дополнительные части установки. Для проектирования использовались программы “Компас-3D”, “Cura”, печать проводилась на 3D-принтере Ender-3 V2. На рисунках 6а, б, в, г представлены модели для печати. На рисунке 6д - напечатанный и собранный рейтер.

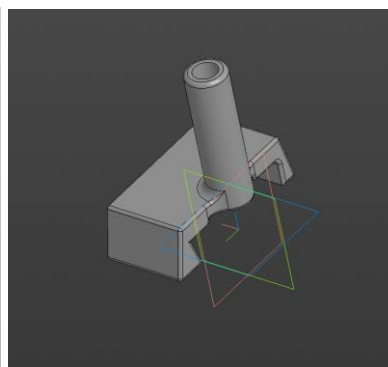
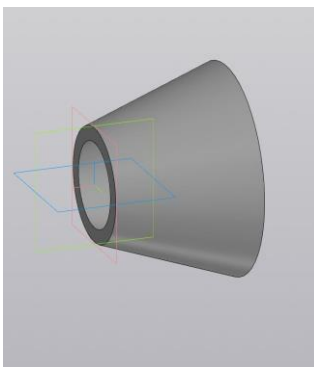
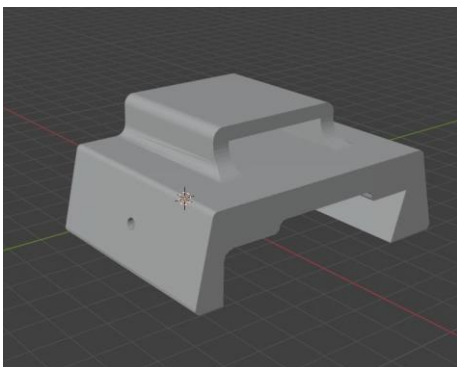


Рис. 6а. Направляющая для рейтера    Рис. 6б. Отражатель    Рис. 6в. Рейтер для экрана

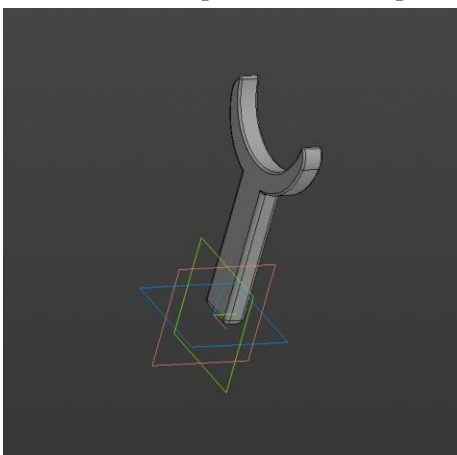


Рис. 6г. Лапка для колбы

Рис. 6д. Рейтер для колбы

Ссылка на репозитории с выполненными в программе “Компас-3D” моделями, а также часть моделей, сохранённых в stl для печати в программе “Cura”:

<https://disk.yandex.ru/d/Y0MDYC4cOvXilQ>



## 8. Перспективы дальнейшей разработки темы

В качестве развития планируется:

- создать цельный корпус устройства с фиксирующимся поляризатором или поляризационной пленкой, анализатором, экраном и лампой со сменной колбой, что позволит уменьшить вес и габариты установки, повысить ее ударопрочность и точность измерений;
- усовершенствовать устройство анализатора, что позволит точнее измерять угол отклонения плоскости поляризации;
- увеличить мощность лампы, добавить датчик освещённости экрана, панель индикации концентрации, сервопривод для анализатора с целью повышения точности измерений и уменьшения погрешности;
- автоматизировать процесс снятия данных и сохранение результатов на внешнем носителе.

## 9. Видеоматериал

<https://drive.google.com/file/d/1hhafUjhxLr8OGR-OadVW4xutcBlpdVH0/view?usp=sharing&t=3>



## 10. Список источников

1. Методика преподавания элективного курса «Физика для инженера: практикум по экспериментальной физике для инженерных классов. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5.3 ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА, НИЯУ МИФИ  
[file:///D:/Загрузки/Лабораторная%20работа%205\\_3%20\(2\).pdf](file:///D:/Загрузки/Лабораторная%20работа%205_3%20(2).pdf)
2. Закон Малю са, Википедия [https://ru.wikipedia.org/wiki/Закон\\_Малюса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_Малюса)
3. ГОСТ 5833-75 Реактивы. Сахароза. Технические условия
4. ГОСТ 18995.3-73 Продукты химические органические. Метод определения величины удельного вращения

5. Государственная фармакопея Российской Федерации XV издания, Секция стандартизации растительных и гомеопатических лекарственных средств  
<https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia-projects/izdanie-15/fruktoza/?vers=6741>
6. Сахароза <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сахароза#Гидролиз>
7. Гидролиз <https://w.wiki/AjTz>
8. ГОСТ 33222-2015. Межгосударственный стандарт. Сахар белый. Технические условия