

ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ВРАЩЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ. ОПЫТ УМОВА»

Андрей САМОФАЛОВ, Игорь ФАНЯЕВ

Собрана установка для проведения лабораторной работы по теме «Поляризация света» и демонстрации опыта Умова.

A unit for laboratory work on «The polarization of light» and the demonstration of Umov's experience is assembled.

Введение. Н. А. Умов (1846 – 1914) был не только выдающимся физиком-теоретиком, но и первоклассным экспериментатором. Наиболее замечательными экспериментальными исследованиями явились его оптические работы (1905 – 1912 гг.) о поляризационных свойствах света, рассеянного в мутных средах или отраженного от шероховатых поверхностей.

Вопросами экспериментальной оптики Умов занимался и раньше. В 1899 – 1900 гг. он поставил перед большой аудиторией ряд замечательных по замыслу и наглядности опытов, показывающих поляризационные свойства света [1].

1 Оптические исследования Умова по наблюдению вращения плоскости поляризации света.

Н. А. Умов создал очень эффектный демонстрационный опыт, основанный на вращении плоскости поляризации (винт Умова). Цилиндрический стеклянный сосуд длиной 0,5—1 м и диаметром порядка 10 см заполняется концентрированным раствором сахара и герметически закупоривается. Если через сосуд пропустить вдоль его оси плоскополяризованный белый свет, то при наблюдении сбоку жидкость представляется заполненной навитыми вокруг оси сосуда радужно окрашенными лентами (рисунок 1). При вращении поляризатора Р вся картина смещается вдоль оси сосуда [1].

Чтобы понять причины возникновения винта Умова, рассмотрим прохождение плоскополяризованного монохроматического света через раствор сахара, заключенный в сосуде с плоскими стенками (рисунок 2).

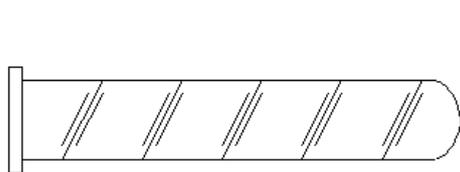


Рис. 1 – Цилиндрический стеклянный сосуд с концентрированным раствором сахара

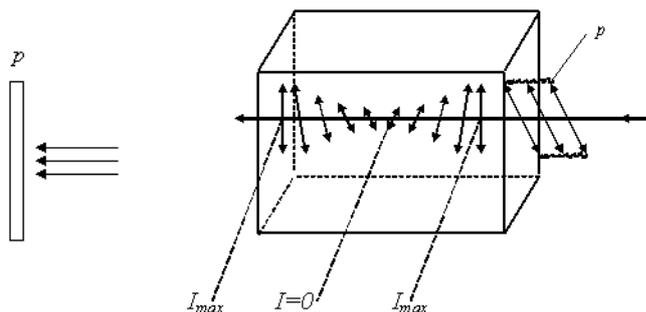


Рис. 2 – Прохождение плоскополяризованного монохроматического света через раствор сахара [2]

При наблюдении сбоку мы будем видеть рассеянный свет. Если бы раствор сахара не вращал плоскость поляризации, вынужденные колебания зарядов, обусловленные проходящим через раствор светом, совершались бы в одной плоскости, совпадающей с плоскостью поляризатора P . Вследствие направленности излучения электрического диполя интенсивность рассеянного света максимальна в направлении, перпендикулярном к плоскости P , и равна нулю в направлениях, лежащих в этой плоскости. Оптическая активность сахара приводит к тому, что направление колебаний поворачивается по мере прохождения плоскополяризованного света через сосуд. Поэтому в одних местах колебания зарядов совершаются в вертикальном направлении (при наблюдении сбоку эти места будут светлыми), в других местах – в горизонтальном направлении (эти места будут темными). Таким образом, сбоку жидкость представляется состоящей из чередующихся светлых и темных слоев, перпендикулярных к лучу света, идущему через сосуд. Расстояние между соседними светлыми (или темными) слоями равно тому пути, при прохождении которого плоскость поляризации поворачивается на 180° . При пропускании белого света из-за дисперсии вращательной способности максимумы интенсивности рассеянного света для разных длин волн приходятся на разные сечения сосуда, так что жидкость будет представляться распавшейся на радужно окрашенные слои [2].

2 Лабораторная установка «Вращение плоскости поляризации. Опыт Умова»

Для проведения лабораторной работы по теме «Поляризация света» собрана установка по наблюдению вращения плоскости поляризации при прохождении поляризованного света через оптически активное вещество (раствор сахара).

Схема и фотография установки показана на рисунках 3 и 4.

В качестве источника света использован диапроектор с мощностью лампы 250 Вт, этого светового потока достаточно для прохождения света через цилиндр высотой 0,5 м с раствором сахара.

Прозрачный цилиндр 6 (рисунок 3) высотой 0,5 м и внутренним диаметром 0,09 м заполнен высококонцентрированным раствором сахара. Масса сахара в растворе составляет приблизительно 3,5 кг. Такая концентрация необходима, чтобы наблюдать полный виток спирали Умова на длине данного цилиндра.

При прохождении белого поляризованного света через раствор сахара через прозрачные стенки сосуда можно наблюдать светящуюся цветную винтовую линию. Наличие цветных полос объясняется дисперсией вращательной способности, т.е. различной скоростью вращения света для разных длин волн.

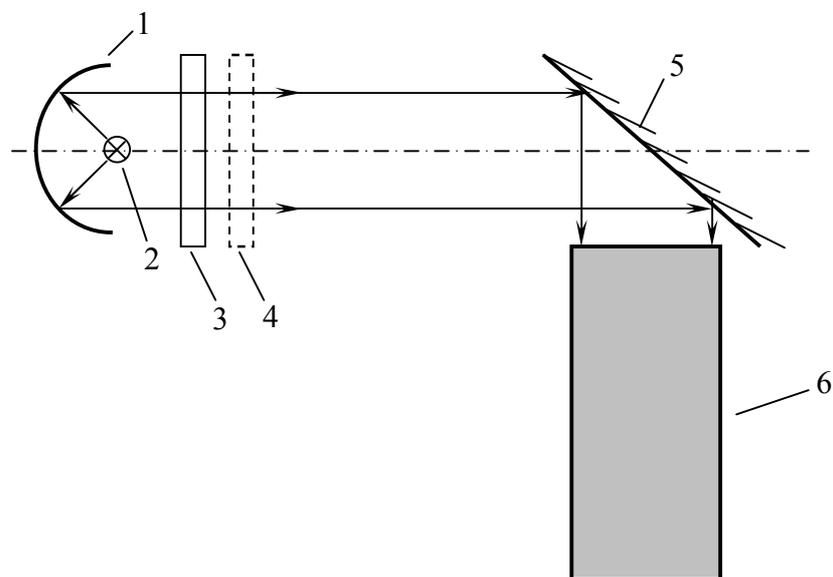


Рис. 3.

1 – сферическое зеркало; 2 – источник света; 3 – поляризатор; 4 – светофильтр;
5 – плоское зеркало; 6 – сосуд, наполненный раствором сахара

Рисунок 3 – Схема установки (опыт Умова)

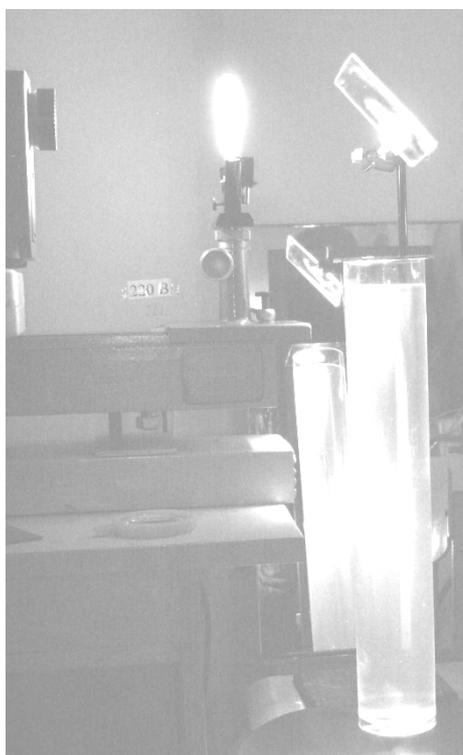


Рис. 4 – Фотография установки (опыт Умова)

Вращая поляризатор можно наблюдать, как смещается спираль вдоль оси цилиндра.
Если поставить на пути поляризованного света зеленый светофильтр, то через стенки сосуда можно наблюдать светящуюся зеленую винтовую линию. Измерив шаг спирали

($l=0,33$ м) и учтя, что полная спираль образуется при повороте вектора \vec{E} на угол $\varphi = 180^\circ$, а удельная вращательная способность сахара α равна $0,5$ градус/метр (удельной вращательной способностью называют угол вращения плоскости поляризации, происходящий в растворе оптически активного вещества, в 100 см^3 которого содержится 100 г вещества, при толщине слоя раствора 1 дм), можно по формуле $\varphi = \alpha Cl$ рассчитать массовую концентрацию C и массу m сахара в растворе:

$$C = \frac{\phi}{\alpha l} = \frac{180^\circ}{0,5 \cdot 0,33} = 1090 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$\text{Тогда } m = C \cdot V = \tilde{N} \cdot L \cdot S = \tilde{N} \cdot L \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

где V – объем раствора; L – высота цилиндра; S – площадь сечения цилиндра; d – внутренний диаметр цилиндра.

При $L = 0,5$ м; $d = 0,09$ м масса сахара в растворе $m = 3,46$ кг.

На основании полученных результатов разработано методическое пособие для проведения лабораторной работы по курсу «Оптика» - «Вращение плоскости поляризации. Опыт Умова».

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Гуло Д.Д. Николай Алексеевич Умов. – М.: Наука, 1971. – 320 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Наука, 1973. – Т.3. – 522 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Самофалов Андрей Леонидович – старший преподаватель кафедры общей физики учреждения образования Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины (Гомель, Беларусь).

Фаняев Игорь Александрович – студент 5-го курса физического факультета учреждения образования Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины (Гомель, Беларусь).

Научные интересы: разработка учебного оборудования по физике.