

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**
«МАТИ - РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени К.Э. Циолковского»

Кафедра «Моделирование систем и информационные технологии»

Измерение вращательной дисперсии кварца и раствора сахара

Методические указания к лабораторной работе
по курсу «Общая физика»

Москва 2018

Принадлежности:

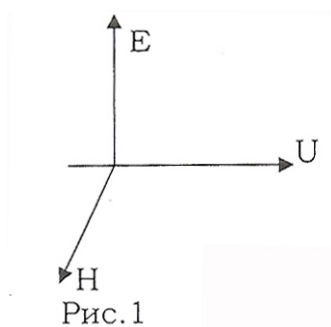
1. Оптическая скамья
2. Двояковыпуклая линза
3. Поляризатор
4. Анализатор
5. Стеклянная трубка
6. Пластика кварца
7. Раствор сахара
8. Набор светофильтров
9. Источник света

Цель работы:

Ознакомление с явлением поляризации света и вращением плоскости поляризации света в различных веществах.

ВВЕДЕНИЕ

Из электромагнитной теории света известно, что световые волны поперечны, т.е. вдоль луча направления векторов напряженности электрического E и магнитного H полей перпендикулярны направлению распространения волны (см. рис.1). Если вдоль луча вектор E (или перпендикулярный к нему вектор H) останется в одной плоскости, то мы имеем плоско-поляризованный свет. Колебания в плоско-поляризованном свете происходят в одном определенном направлении.



В естественном свете имеются всевозможные ориентировки векторов E , поэтому ни одна из плоскостей, проведенных через направление луча, не выделяется среди других плоскостей.

Явление поляризации заключается в выделении световых волн, в которых сохраняется определенная ориентация электрического (или магнитного) векторов.

Плоскость, в которой происходят колебания электрического вектора E , называется *плоскостью колебаний*, перпендикулярная к ей плоскость, в которой лежит магнитный вектор H , называется *плоскостью поляризации*.

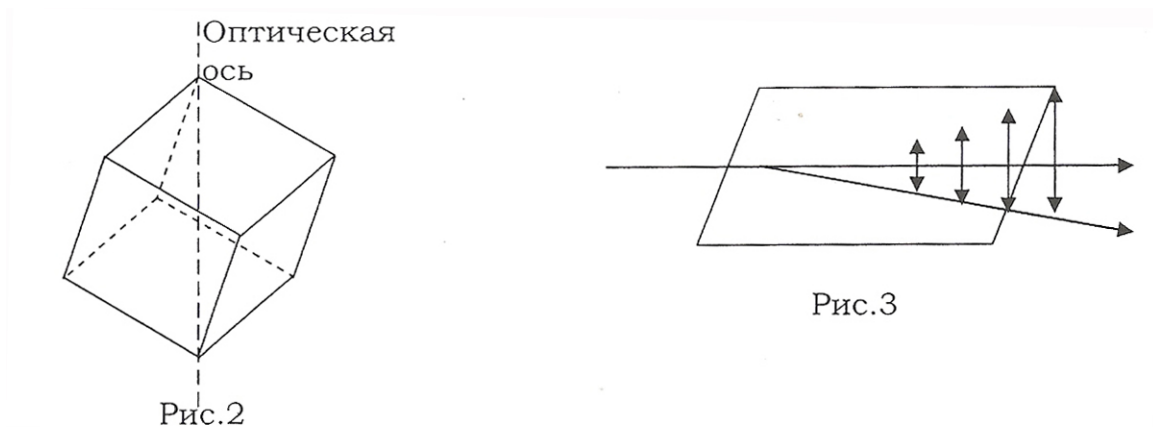
Плоско-поляризованные лучи получаются:

1. при прохождении естественного света через кристаллы, обладающие различной поглотительной способностью для различных ориентировок вектора E относительно оптической оси кристалла (турмалин);
2. при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков (угол падения естественного луча на границу двух сред удовлетворяет условию: $\operatorname{tg} i = n$, где n - относительный показатель преломления, то отраженный луч будет полностью поляризован);
3. при прохождении света через кристаллы, обладающие двойственным лучепреломлением.

Приборы, с помощью которых из естественного света получается поляризованный свет, называются *поляризаторами*. Наиболее распространены поляризационные призмы, сделанные из кристаллов исландского шпата.

Ход лучей в кристаллах определяется их оптическими свойствами и углами падения лучей на грани кристалла. Прямые, в направлении которых лучи на кристалле распространяются без двойного лучепреломления, называются *оптическими осями* кристалла. Плоскость, проведенная через оптическую ось и направление распространения света называется *главным сечением кристалла* для данного хода луча.

Оптическая ось у кристалла исландского шпата соединяет вершины противоположных телесных тупых углов ромбоэдра, главное сечение представляет собой параллелограмм с углами 109° и 71° (рис.2 и 3)

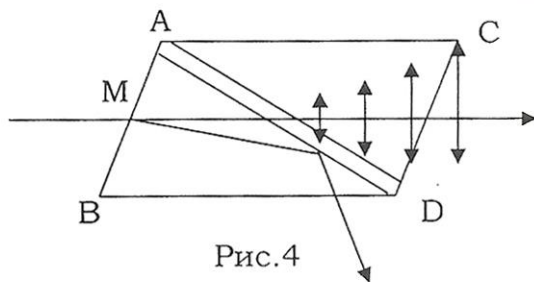


Естественный световой луч при прохождении через кристалл исландского шпата разделяется на два луча, обыкновенный и необыкновенный, оба они поляризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях. Колебания вектора E обыкновенного луча происходят перпендикулярно плоскости главного сечения, а необыкновенного - расположены в этой плоскости. Обыкновенные лучи имеют по различным направлениям в кристалле одну и ту же скорость,

тогда как скорости распространения необыкновенного луча зависят от угла между этим лучом и оптической осью кристалла. Таким образом, скорость распространения этих лучей в кристалле одинакова только вдоль оптической оси. Во всех же других направлениях они различны, следовательно и показатели преломления кристалла для этих лучей неодинаковы.

Например: для обыкновенного луча для длины волны $\lambda = 589\text{nm}$ показатель преломления исландского шпата одинаков по всем направлениям и равен $n=1.658$, а для необыкновенного - для той же длины волны показатель преломления в направлении, перпендикулярном оптической оси, $n_e = 1.486$. На этом свойстве основано применение исландского шпата для изготовления поляризованных призм. Наиболее распространенной призмой является призма Николя (или просто “николь”).

Призма Николя представляет собой кристалл исландского шпата, распиленный по диагонали АД (рис.4) и склеенный канадским бальзамом, показатель преломления которого $n=1.550$ лежит между n_o и n_e показателями преломления для обыкновенного и необыкновенного лучей.



При падении обыкновенных лучей на слой канадского бальзама под углом $\approx 69^\circ$ происходит их полное внутреннее отражение, отраженные лучи поглощаются зачерненными гранями кристалла (рис.4). Необыкновенные лучи при любом угле падения проходят через призму. Таким образом, из николя

выходит только один плоско-поляризованный луч. На рис.4 изображено главное сечение николя и ход лучей.

АД - слой канадского бальзама

SM - естественный луч

ME - необыкновенный луч

МО - обыкновенный луч.

Если два николя расположить друг за другом так, чтобы их главные плоскости были параллельны, то они пропустят свет. При взаимно перпендикулярном расположении главных плоскостей (скрещенные николи) необыкновенный луч, прошедший через первый николь, будет для второго николя обыкновенным и, следовательно, через него не пройдет: поле зрения будет темным.

Если же угол между главными плоскостями николей равен α , то через них пройдет свет, интенсивность которого $I=I_0\cos^2\alpha$, где I_0 - интенсивность света,

вышедшего из первого николя (I - пропорционально квадрату вектора E , а

$$E = E_0 \cos^2 \alpha).$$

Вращение плоскости поляризации

При прохождении плоско-поляризованного света в некоторых веществах (кварц, растворы сахара, винная, яблочная кислоты и др.) плоскость колебания световых лучей поворачивается, причем угол поворота зависит от вещества, длины пути светового луча и длины волны света.

Вещества, поворачивающие плоскость световых колебаний, называются *оптически активными*.

При помещении между скрещенными николями оптически активного вещества происходит просветление поля зрения. Угол поворота плоскости колебаний в оптически активном веществе, очевидно, равен тому углу, на который необходимо повернуть анализатор, чтобы погасить свет. Угол, на который поворачивается плоскость колебаний при прохождении слоя твердого вещества толщиной 1 мм, отнесенный к еденичной плотности вещества называется *удельным вращением* и обозначается через $[\alpha]$

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{l \cdot d}$$

l - толщина пластинки в мм, d - плотность активного вещества в г/см³

Для жидкостей удельным вращением называется *угол поворота колебаний*, вызываемый столбом жидкости в 10 см при концентрации раствора равной 1 грамму вещества на 1 см³ жидкости, отнесенный к еденичной плоскости раствора.

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{l \cdot c \cdot d} = \frac{\alpha}{l \cdot c'}$$

где l - длина пути луча в жидкости

c - весовая концентрация

d - плотность раствора

c' - объемная концентрация

Углы вращения плоскости колебаний зависят также от длины волны по-

ляризованного света. Так, в кристалле кварца плоскость колебаний красного луча поворачивается на протяжении 1 мм на 15°, а фиолетового - на 50°. Поэтому, после прохождения белого поляризованного света через слой оптически активного вещества плоскости колебаний различных монохроматических лучей будут развернуты веером и составят различные углы с первоначальной плоскостью колебаний (рис.5).

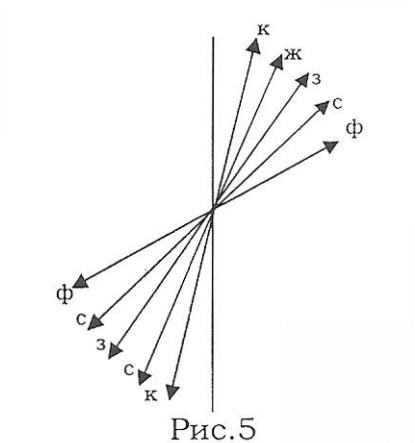


Рис.5

При вращении анализатора при этих условиях поле зрения будет менять

окраску, так как гасятся последовательно участки спектра. Изменение угла вращения плоскости колебаний в зависимости от длины волны поляризационного света называется *вращательной дисперсией*.

Направление вращения у различных веществ неодинаково. Различают вращение правое, или положительное, когда активное вещество поворачивает плоскость колебаний по часовой стрелке для луча, идущего в глаз наблюдателя, и левое, или отрицательное, при вращении плоскости колебаний в обратном направлении. Вращение плоскости поляризации света используется в измерительной технике, в частности в разделе сахарометрии. Для раствора сахара для желтых лучей удельное вращение $[\alpha]=66.7$ откуда $\alpha=66.71^\circ$. Зная l и определив из опыта α , можно находить значение c - объемную концентрацию сахара. Этот поляризационный метод определения концентрации сахара в растворе является крайне простым и вместе с тем точным из существующих методов.

Приборы, служащие для определения концентрации сахара называются *сахариметрами*.

Описание установки

На оптической скамье расположены следующие приборы (рис.6)

S - источник света	K - кварцевая пластинка
F - светофильтр	L - линза
P - поляризатор	A - анализатор

Источник света находится в фокусе двояковыпуклой линзы L. При выходе

из этой линзы лучи света идут параллельным пучком и проходят через поляризатор P, оптически активное вещество K, анализатор A и попадают в глаз наблюдателя.

Поляризатором и анализатором в данной установке являются обычные призмы Николя. Поляризатор неподвижно укреплен на стойке. Анализатор,

снабженный стрелкой, укреплен в диске, разделенном на градусы, может поворачиваться вокруг оптической оси.

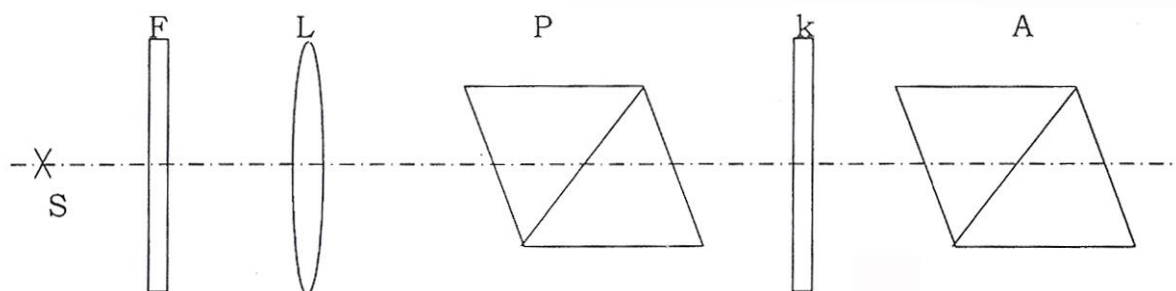


Рис. 6

Практические указания

1. Перед измерением угла вращения раствора сахара необходимо убедиться, что в растворе нет пузырьков воздуха, если пузырьки имеются - обратиться к лаборанту, самим трубку не разбирать.
2. Кварцевую пластинку и николи руками не трогать.

Ход работы:

Упражнение 1

Располагают приборы на оптической скамье согласно рис.6. Поворотом анализатора добиваются полного затемнения поля зрения. Записывают положение стрелки α_1 . Ставят между поляризатором и анализатором кварцевую пластинку K толщиной 1.65мм. Поле зрения становится светлым.

Поворотом анализатора добиваются полного затемнения, записывают положение стрелки при этом α_2 .

Разность углов $\alpha_2 - \alpha_1 = \alpha$ даст угол вращения плоскости колебаний на протяжении 1.65мм.

Определяют удельное вращение кварца для данной длины волны по формуле:

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{1.65 \cdot d} \quad d_{\text{кварца}} = 2.21 \text{ г/см}^3$$

Такие же измерения делают с другими светофильтрами (зеленым и фиолетовым). Результаты измерений записывают в таблицу.

Упражнение 2

В пространстве между николями вместо кварца помещают стеклянную трубку с раствором сахара.

Проделывают те же измерения, что для кварца, при трех светофильтрах.

Удельное вращение раствора сахара определяют по формуле

$$\alpha$$

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{l \cdot c'}$$

где l - длина трубки = 20 см, c' - объемная концентрация сахара (50 г на 100 см³)

Результаты заносят в таблицу.

Активное вещество	Светофильтр	α_1	α_2	$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$	$[\alpha]$
Кварц	красный				
	зеленый				
	фиолетовый				
Раствор сахара	красный				
	зеленый				
	фиолетовый				