

## Работа 4.19

### Изучение вращения плоскости поляризации

**Оборудование:** источник света, поляриметр, набор трубок с растворами различной концентрации.

#### Введение

Если вдоль главной оптической оси кристалла проходит луч естественного света, то, выходя из кристалла, он не меняет своих свойств. Однако в случае падения плоско поляризованного света некоторые вещества могут поворачивать плоскость колебаний электрической составляющей световой волны (вектор  $\vec{E}$ ) на некоторый угол. Вещества, обладающие такой способностью, называются *оптически активными*. К ним относятся кристаллические тела (кварц, киноварь), чистые жидкости (скипидар, никотин) и растворы оптически активных веществ в неактивных растворителях (водные растворы сахара, винной кислоты и др.). Направление вращения вектора  $\vec{E}$  у различных веществ неодинаково. Если поворот плоскости колебаний вектора  $\vec{E}$  для наблюдателя, смотрящего навстречу проходящему лучу, совершается по часовой стрелке, то вещество называется *правовращающим*, если против часовой стрелки — *левовращающим*. Величина угла поворота  $\varphi$  плоскости поляризации в растворах активных веществ пропорциональна их концентрации  $C$ , длине пути  $l$  луча в жидкости:

$$\varphi = \varphi_0 Cl. \quad (1)$$

Величина  $\varphi_0$  называется *удельным вращением*.

Вращение плоскости поляризации можно объяснить, предположив, что в оптически активных веществах лучи, поляризованные по кругу вправо и влево, распространяются с неодинаковой скоростью. Плоско поляризованный свет можно представить как сложение двух поляризованных по кругу волн, правой и левой, с одинаковыми частотами и амплитудами. Пусть направление  $P$  представляет собой направление колебаний в падающей на кристалл плоскополяризованной волне (рис. 4.40).

Вектор амплитуды колебаний  $\vec{E}$  разложим на два вектора  $\vec{E}_1$  и  $\vec{E}_2$ , первый из которых вращается влево, другой — вправо. В каждый момент времени вектор  $\vec{E}$  будет лежать в одной и той же плоскости  $P$  (рис. 4.40, а). Если скорости распространения обеих волн окажутся неодинаковыми, то по мере прохождения через вещество один из векторов  $\vec{E}_1$  или  $\vec{E}_2$  будет отставать в своем вращении от второго, в результате плоскость  $P_1$ , в которой лежит результирующий вектор, будет поворачиваться относительно первоначальной плоскости (рис. 4.40, б).

Различие в скоростях распространения световых колебаний может быть обусловлено асимметрией молекул, либо асимметричным их расположением в кристалле. Если между двумя скрещенными поляризаторами поместить оптически активное вещество, то поле зрения просветляется. Чтобы снова получить темное поле зрения, нужно повернуть второй поляризатор на угол  $\varphi$ , определяемый соотношением (1). Зная удельное вращение  $\varphi_0$ , длину  $l$  и определив угол поворота  $\varphi$ , можно определить концентрацию раствора  $C$ . Такой способ определения концентрации широко применяется в производстве.

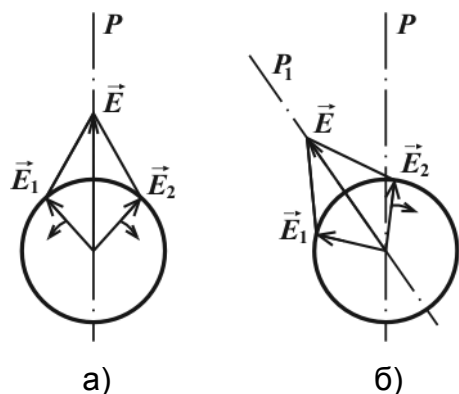


Рис. 4.40

Некоторые вещества, оптически неактивные в обычных условиях, обладают способностью вращать плоскость поляризации в магнитном поле. Это явление носит название *эффекта Фарадея*. Явление наблюдается только при распространении света вдоль направления вектора магнитной индукции  $\vec{B}$ . Для наблюдения вращения исследуемое вещество, находящееся между скрещенными поляризатором и анализатором, помещают в магнитное поле. Вследствие поворота плоскости поляризации поле зрения просветляется. Поворотом анализатора можно снова получить темное поле зрения. Угол поворота анализатора равен углу поворота плоскости поляризации. Магнитное вращение плоскости поляризации обусловлено влиянием магнитного поля на вещество. Под влиянием магнитного поля электроны, входящие в состав атомов, начинают *прецессировать*. В результате скорость колебаний с различным направлением круговой поляризации становится неодинаковой, что приводит, как было

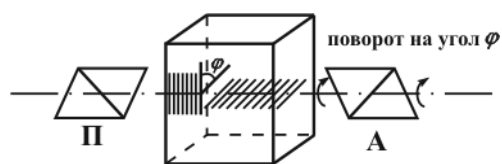


Рис. 4.41

показано выше, к вращению плоскости поляризации. Угол поворота в этом случае определяется соотношением

$$\varphi = V l B, \quad (2)$$

где  $l$  — длина пути луча в исследуемом веществе,  $B$  — индукция магнитного поля,  $V$  — постоянная Верде, характерная для данного вещества.

Направление вращения плоскости поляризации зависит от направления магнитного поля. При изменении направления поля на противоположное поворот плоскости поляризации осуществляется на тот же угол, но в противоположную сторону.

**Описание установки и метода.** Простейшая установка для наблюдения вращения плоскости поляризации (рис. 4.41) состоит из источника света, двух призм Николя (поляризатора  $P$  и анализатора  $A$ ) и сосуда с исследуемым веществом.

Пусть при отсутствии раствора в сосуде анализатор  $A$  расположен по отношению к поляризатору  $\Pi$  так, что свет полностью гасится (призмы Николя скрещены), т. е. угол  $\varphi$  равен  $90^\circ$ . Тогда согласно закону Малюса

$$I = I_0 \cos^2 \varphi \quad (3)$$

$I$  будет равно нулю.

Если сосуд наполнить раствором оптически активного вещества, то вследствие вращения плоскости колебаний вектора  $\vec{E}$  наступит просветление поля зрения, т. е.  $\varphi \neq 0^\circ$  и согласно (3)  $I \neq 0$ . Угол, на который нужно повернуть анализатор для полного потемнения поля, очевидно равен углу поворота плоскости колебаний вектора  $\vec{E}$ .

### Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Определение концентрации раствора.

1. Включите источник света.

2. Определите с помощью отсчетного устройства, имеющегося на поляриметре, нулевое положение анализатора (без сосуда). При вращении анализатора происходит изменение освещенности поля зрения (рис. 4.42).

Изображения  $A$  и  $B$  соответствуют крайним положениям анализатора,  $B$  — нулевое положение анализатора.

3. Поместите на пути лучей сосуд с исследуемым раствором и измерьте угол поворота  $\varphi$  плоскости поляризации. Для этого, вращая анализатор, добейтесь освещенности поля зрения, как в случае  $B$ .

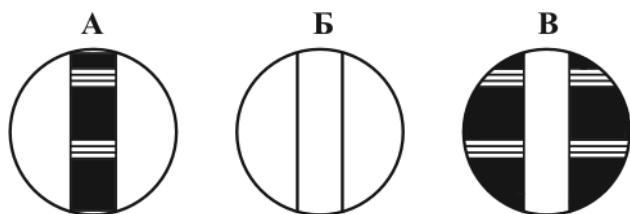


Рис. 4.42

4. Определите угол  $\varphi$  для растворов различной концентрации  $C$ .

5. Постройте график зависимости  $\varphi(C)$ .

6. Измерьте угол  $\varphi$  для раствора неизвестной концентрации  $C$  и, пользуясь графиком  $\varphi(C)$ , определите значение  $C_x$ .

7. Результаты измерений запишите в таблицу:

№ п/п	$C, \%$	$\varphi, ^\circ$	$\varphi_x, ^\circ$	$C_x, \%$
-------	---------	-------------------	---------------------	-----------

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Исследуйте зависимость угла поворота  $\varphi$  плоскости поляризации от температуры раствора и постройте график зависимости  $\varphi(T)$ .



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие вещества называются оптически активными?
2. Как зависит угол поворота плоскости поляризации от концентрации растворов?
3. В чем основная причина поворота плоскости поляризации оптически активными веществами?
4. Зависит ли величина удельного вращения от длины волны?
5. Будет ли изменяться величина удельного вращения при изменении агрегатного состояния (жидкость, пар) вещества?
6. В чем сущность эффекта Фарадея?
7. Каково назначение анализатора в экспериментальной установке?
8. От чего зависит угол поворота плоскости поляризации в магнитном поле?
9. В чем физическая причина поворота плоскости поляризации при распространении света вдоль магнитного поля в веществе? Почему это не происходит в вакууме?
10. В чем отличие естественной оптической активности вещества от случая вращения плоскости поляризации при воздействии магнитного поля?