

## Лабораторная работа 16.

### ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА В РАСТВОРАХ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.

**Цель работы:** изучение вращения плоскости поляризации света при прохождении через раствор оптически активного вещества; определение удельного вращения сахара; определение процентного содержания сахара в растворе.

#### Общие сведения.

При прохождении плоскополяризованного света через некоторые вещества, называемые *оптически активными* (например, кварц) наблюдается вращение плоскости колебаний вектора напряженности электрического поля  $\vec{E}$ . Это явление получило название *вращения плоскости поляризации* (рисунок 1).

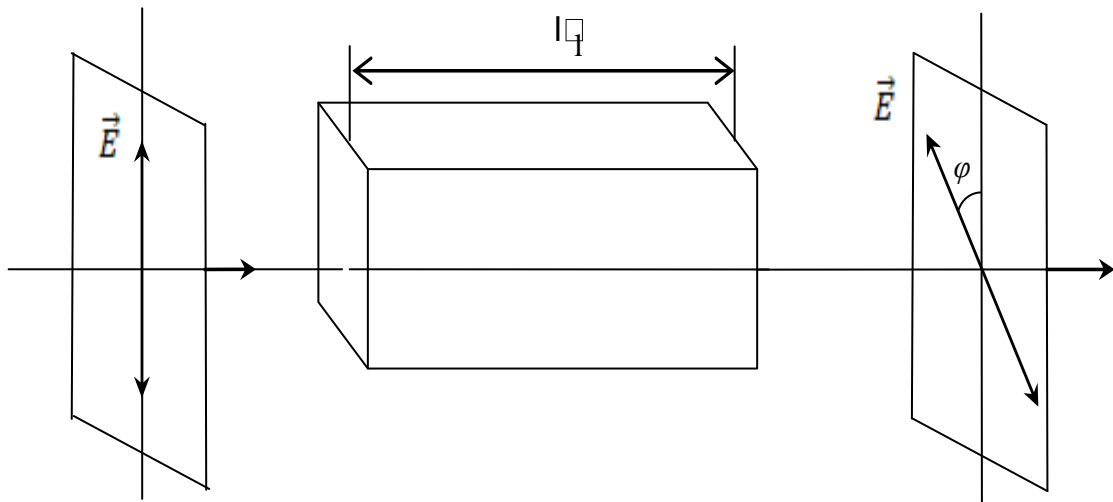


Рис. 1 – Прохождение плоско поляризованного света через оптически активное вещество

Наблюдения оптической активности в кварце показали, что существует две модификации кварца: правовращающий, или положительный, дающий поворот

электрического вектора по часовой стрелке, и левовращающий, или отрицательный (вращение против часовой стрелки если смотреть навстречу лучу, выходящему из кристалла). При этом величина вращения в обоих случаях при прочих равных условиях одинакова. По-видимому, и другие оптически активные кристаллы существуют в двух модификациях, хотя не во всех случаях их удалось обнаружить.

Вращение плоскости поляризации наблюдается также и в некристаллических телах. К ним принадлежат, например, скипидары, метиловые эфиры жирных кислот, растворы сахара, камфары и т.д. Это означает, что данное явление не связано с анизотропией в противоположность двойному лучепреломлению. В настоящее время известны тысячи активных веществ, обладающих весьма различной вращающей способностью.

Если оптически активное вещество представляет собой раствор, то угол поворота  $\varphi$  пропорционален толщине слоя активного вещества  $l$  и его концентрации  $C$

$$\varphi = [\alpha] Cl \quad (1)$$

где  $[\alpha]$  - величина, называемая *удельным вращением*. Удельное вращение зависит от природы вещества, его температуры  $T$  и длины волны  $\lambda$ , проходящего через него света.

Для объяснения вращения плоскости поляризации Френель предположил, что в оптически активных веществах световые волны, поляризованные по кругу вправо и влево, распространяются с неодинаковой скоростью. Линейно поляризованный свет можно представить как суперпозицию двух поляризованных по кругу волн, правой и левой, с одинаковыми частотами и амплитудами.  $E$ . На рисунке 2 обозначены:  $E_1$  и  $E_2$  световые векторы левой и правой составляющих,  $P$  - направление суммарного вектора  $E$ . Если скорости

распространения обеих волн неодинаковы, то по мере прохождения через вещество один из векторов, например,  $E_1$ , будет отставать в своем вращении от вектора  $E_2$  (рис.2 б). Результирующий вектор  $E$  будет поворачиваться в сторону более "быстрого" вектора  $E_2$  и займет положение  $Q$ , повернувшись на угол  $\varphi$ .

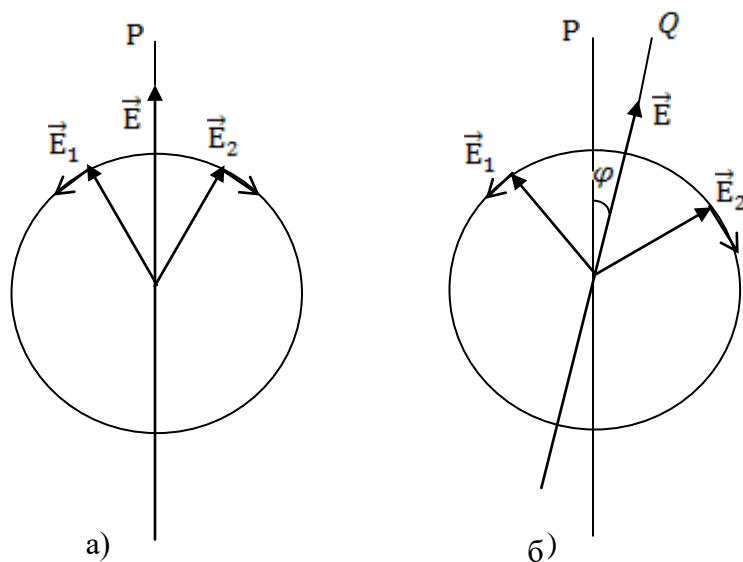


Рисунок 2 - вращение плоскости поляризации

В случае раствора, зная удельное вращение  $[\alpha]$  данного вещества и длину  $l$  можно, измерив угол поворота  $\varphi$ , определить по формуле (1) концентрацию  $C$  раствора..

Простейшая установка для измерения угла  $\varphi$  имеет вид (рис.3):

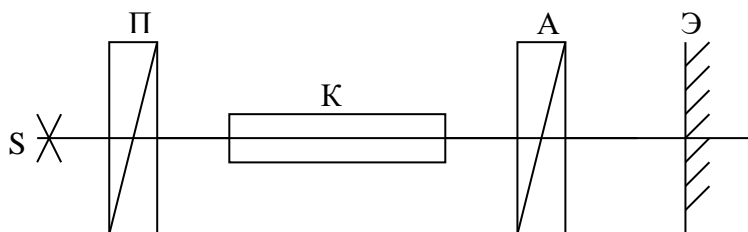


Рис.3. Установка для измерения угла поворота плоскости поляризации света.

$S$  – источник света,  $\Pi$  – поляризатор,  $A$  – анализатор,

К – кювета с раствором оптически активного вещества;

Э – экран.

В настоящей работе используется сахариметр СУ-3, внешний вид которого представлен на рис. 4.

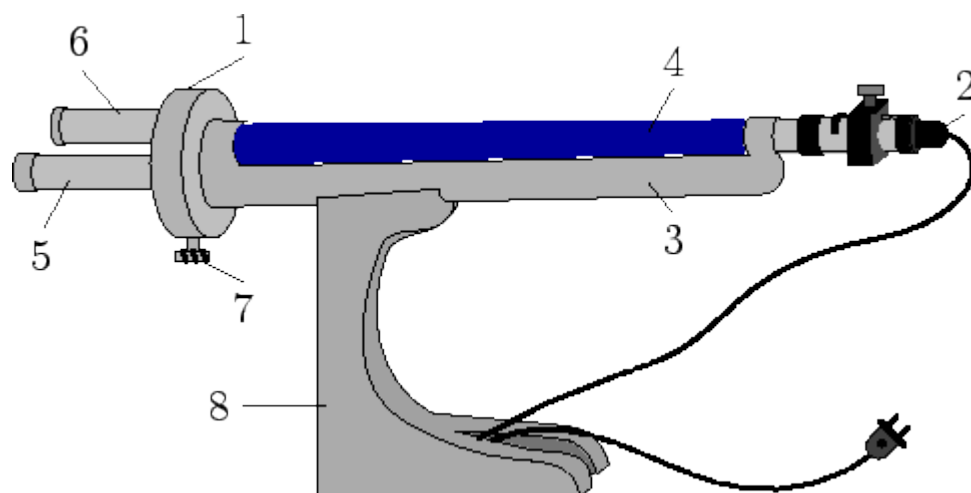


Рис. 4

В состав сахариметра входят: (1) -- измерительный узел, (2) -- осветительный узел. Эти узлы соединены между собой траверсой (3), на которой укреплена камера (4) для поляризметрических кювет (трубок). С лицевой стороны измерительной головки прибора имеются зрительная труба (5) и лупа (6) в оправе для отсчета показаний по шкале. В нижней части измерительной головки расположена рукоятка (7) кремальерной передачи для компенсации поворота плоскости поляризации. На передней части основания (8) находится тумблер для включения осветительной лампы. С тыльной стороны основания имеются вилка разъема для подключения электролампы к трансформатору и вилка со шнуром для подключения трансформатора в сеть.

Если кювета отсутствует, а угол между плоскостями поляризации поляризатора и анализатора равен  $90^\circ$ , наблюдается полное гашение света. В присутствии оптически активного раствора поле зрения просветляется, т.к. вектор  $E$  поворачивается на угол  $\varphi$ .

Вращая анализатор до полного затемнения, можно измерить угол  $\varphi$ . Определение  $\varphi$  посредством двух установок на темноту: в отсутствие и при наличии оптически активного вещества – довольно неточно. Точность измерений повышается при использовании полутеневых устройств, в которых установка производится не на темноту, а на равное освещение двух половин поля.

Оптическая схема сахариметра имеет вид (рис.5):

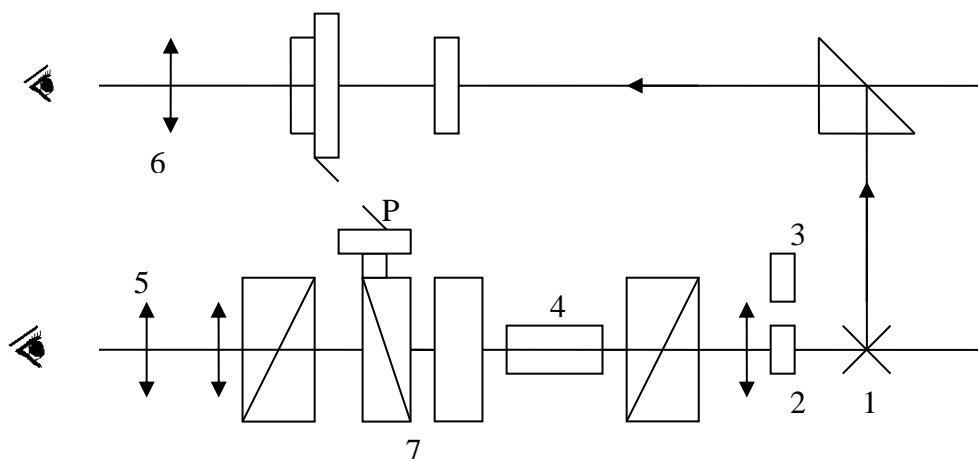


Рис. 5

1 – 3 осветительный узел

4 – кювета с исследуемым раствором;

5 - окуляр зрительной трубы

6 – лупа для отсчёта показаний шкалы

7 – кварцевый компенсатор;

Р –рукоятка для перемещения подвижного кварцевого клина и связанной с ним шкалы.

Световой поток от лампочки накаливания (1) проходит через светофильтр (2) или матовое стекло (3), конденсор и полутеневую призму-поляризатор , которая преобразует его в поляризованный поток света и разделяет на две половины линией раздела. Поляризатор устанавливают таким образом, чтобы плоскости поляризации обеих половин светового потока составляли одинаковые углы с плоскостью поляризации анализатора. Если кювета с раствором отсутствует, а толщина право- и левовращающих пластин кварцевого компенсатора (7) – одинакова, в окуляре (5) зрительной трубы наблюдаются две равно освещенные половины поля, разделенные тонкой линией.

Оптически активный раствор (4) нарушает равенство освещенностей. Равенство освещенностей восстанавливается компенсатором с помощью рукоятки Р, которая перемещает подвижный кварцевый клин (7) и связанную с ним шкалу. Смещение кварцевого клина пропорционально углу поворота плоскости поляризации проходящего света.

Шкала сахариметра, наблюдаемая через лупу (6) градуирована в градусах  $^{\circ}S$  Международной сахарной шкалы.  $100^{\circ}S$  соответствует  $34,62^{\circ}$  угловым. Сахариметр показывает  $100^{\circ}S$ , когда при  $20^{\circ}C$  в 200-миллиметровой кювете находится водный раствор, содержащий в  $100\text{ см}^3$  26г химически чистой

сухой сахарозы (процентное содержание сахара в этом случае 24.3%).

В сахариметре угол поворот плоскости поляризации определяется по выравниванию освещенности двух частей поля зрения в зрительной трубе. Двойное поле получается в результате специальной обработки поляризационной призмы. то обе половинки поля зрения освещены равномерно (фотометрическое равновесие, рис.7).

Отсчеты показаний шкалы при помощи нониуса показаны на рисунке 6

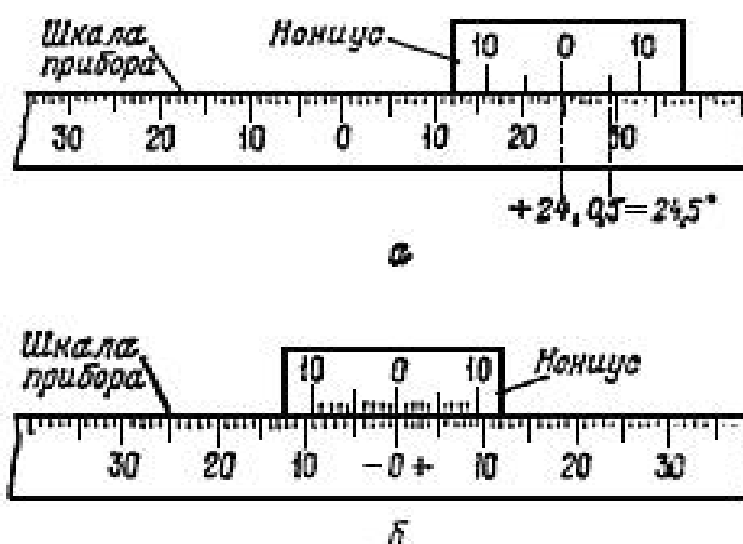


Рис. 6

Кювету с раствором помещают в камеру прибора. Это вызывает изменение однородности освещения обеих половин поля зрения. Вращением головки кремальной передачи уравнивают

интенсивность освещения обеих половин поля зрения и производят отсчет показаний с точностью до  $\pm 0,1^\circ$ . За результат измерения принимают среднеарифметическое значение трех измерений. Отсчет проводят по нониусу, отмечая целые числа по шкале, а десятые доли - по совпадающему делению нониуса со шкалой.

### **Задание для подготовки к работе**

1. Занести в протокол эксперимента таблицы по форме 1 и 2.

### **Указания по проведению эксперимента**

Ознакомиться с процедурой отсчета угла поворота плоскости поляризации света при его прохождении через кювету с раствором по шкале сахариметра. См. пп. 1 – 4 указаний и рис. 4-7 описания работы.

1. Вращая оправы окуляра (5) зрительной трубы и лупы (6) шкалы, установить максимальную резкость изображения таким образом, чтобы четко были видны: вертикальная линия, разделяющая поле зрения на две половины; штрихи и цифры шкалы и нониуса.
2. Вложить в камеру кювету с водой, установить однородность поля зрения, вращая рукоятку Р. При этом нулевые деления шкалы и нониуса должны совпадать.
3. Вложить в камеру поляризметрическую кювету с раствором известного процентного содержания сахара  $p\%$ . Вращая рукоятку Р, добиться равномерной освещённости наблюдаемого в окуляр поля зрения. При малых поворотах рукоятки в одну и другую сторону должна наблюдаться смена освещенности обеих половинок поля зрения:



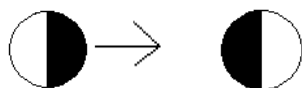


Рис.7

4. Произвести отсчет  $\Phi$  по шкале при помощи нониуса с точностью до  $0,1^\circ S$ . Пересчитать градусы Международной сахарной шкалы в угловые градусы ( $1^\circ S = 0,3462^\circ$ ). Результаты расчетов занести в таблицу 1.
5. Наблюдения по пп. 3 и 4 выполнить по три раза для двух растворов с известными значениями  $p\%$ . Результаты расчетов занести в таблицу 1.
6. Наблюдения по пп. 3 и 4 выполнить для раствора с неизвестным процентным содержанием  $p_x\%$ . Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 1. Определение удельного вращения сахара.

$$1^\circ S = 0,3462^\circ, \theta_\phi = 0,1^\circ S = 0,035^\circ$$

| №<br>кюветы | №<br>Измер<br>. | $p\%$ | $l$ ,<br>дм | $\phi$ ,<br>дел<br>$S$ | $\phi$ ,<br>град. | $[\alpha] = \frac{\phi}{l p}$<br>$\frac{\text{град}}{\text{дм} \cdot \%}$ | $\theta_{[\alpha]} = \frac{\theta_\phi}{l p}$<br>$\frac{\text{град}}{\text{дм} \cdot \%}$ |
|-------------|-----------------|-------|-------------|------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | 1               |       |             |                        |                   |                                                                           |                                                                                           |
|             | 2               |       |             |                        |                   |                                                                           |                                                                                           |
|             | 3               |       |             |                        |                   |                                                                           |                                                                                           |
| ...         | ...             |       |             |                        |                   |                                                                           |                                                                                           |

Таблица 2. Определение неизвестного %-го содержания сахара в растворе.  $1^{\circ}S = 0,3462^{\circ}$ ,  $[\bar{\alpha}] = \dots$ ,  $\theta_{[\alpha]} = \dots$ ,  $\theta_{\varphi} = 0,1^{\circ}S = 0,035^{\circ}$

| №<br>кюветы | №<br>Измер<br>. | $l$ ,<br>дм | $\varphi$ ,<br>дел<br>$S$ | $\varphi$ ,<br>град. | $p_x = \frac{\varphi}{[\bar{\alpha}]l}, \%$ | $\theta_{p_x} = p_x \left( \frac{\theta_{[\alpha]}}{[\bar{\alpha}]} + \frac{\theta_{\varphi}}{\varphi} \right)$ |
|-------------|-----------------|-------------|---------------------------|----------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3           | 1               |             |                           |                      |                                             |                                                                                                                 |
|             | 2               |             |                           |                      |                                             |                                                                                                                 |
|             | 3               |             |                           |                      |                                             |                                                                                                                 |

### Указания по обработке результатов

1. Заполнить таблицу 1 и по выборке  $[\bar{\alpha}]_i$  объема  $N=6$  для первого и второго раствора найти удельное вращение сахара  $[\alpha] = [\bar{\alpha}] \pm \Delta[\bar{\alpha}]$  с  $P=95\%$ . См. приложение к пособию.
2. Заполнить таблицу 2, используя при расчетах значения  $[\bar{\alpha}]$  и  $\theta_{[\alpha]}$ , определенные в п.7. По выборке  $p_{xi}$  объема  $N=3$  найти процентное содержание сахара в растворе  $p_x = \bar{p}_x \pm \Delta\bar{p}_x$  с  $P=95\%$ . См. приложение к пособию.

### Контрольные вопросы

1. Какие вещества называют оптически активными?
2. Какой свет называют плоско поляризованным?
3. Как отличить естественный свет от плоско поляризованного и от света, поляризованного по кругу?
4. Как определяется концентрация раствора вещества поляриметрическим методом?
5. Что такое “сахарный градус  $1^{\circ}S$ ”?
6. Объяснить принцип действия кварцевого компенсатора.

