

Изучение вращения плоскости поляризации на поляриметре.

Некоторые вещества, называемые **оптически активными**, обладают способностью вызывать вращение плоскости поляризации проходящего через них линейно поляризованного света.

К их числу относятся кристаллические тела (кварц, киноварь), чистые жидкости (скипидар, никотин) и растворы оптически активных веществ в неактивных растворителях (водные растворы сахара, винной кислоты и т.д.).

Различают **правое** вращение, когда вещество поворачивает плоскость поляризации по часовой стрелке (для наблюдателя, смотрящего навстречу световому лучу), и **левое** - при вращении плоскости поляризации в обратном направлении.

В случае химически чистого вещества угол поворота плоскости поляризации пропорционален толщине слоя l :

$$\varphi = \alpha \cdot l$$

Коэффициент пропорциональности α называется постоянной вращения или вращательной способностью. Он характеризует природу вещества, зависит от длины волны света и температуры.

Для растворов угол поворота плоскости поляризации пропорционален толщине слоя раствора и молярной концентрации c оптически активного вещества:

$$\varphi = [\alpha] \cdot l \cdot c \quad (\text{закон Био}),$$

где $[\alpha]$ - постоянная вращения (удельное вращение). Постоянная вращения примерно обратно пропорциональна длине волны ($[\alpha] \sim 1/\lambda^2$).

Теория вращения плоскости поляризации была развита Френелем. Он показал, что явление вращения плоскости поляризации сводится к особому виду двойного лучепреломления. Линейно поляризованная волна может рассматриваться как суперпозиция двух циркулярно поляризованных волн E_1 и E_2 с противоположными направлениями вращения электрического вектора. В оптически активном веществе они распространяются с различными скоростями. На выходе из вещества между колебаниями векторов E_1 и E_2 возникает постоянная разность фаз, которая обуславливает поворот плоскости поляризации. Поворот происходит в направлении вращения того луча, который проходит в веществе с большей скоростью.

Особенностью оптически активных веществ является то, что их молекулы не имеют центра и плоскости симметрии. Молекулы таких веществ могут существовать в виде двух зеркально симметричных изомерных форм - **оптических изомеров**. Один из оптических изомеров вращает плоскость поляризации вправо, другой - влево. Вещество в целом будет вращать плоскость поляризации света, в том случае, если концентрации оптических изомеров различны.

Оптически активные кристаллы также существуют в виде двух модификаций: право- и левовращающей. Обе модификации отличаются друг от друга внешней формой и внутренней кристаллической структурой. Обе

модификации не конгруэнтны, т.е. правая не может быть наложена на левую и наоборот.

Наблюдать вращение плоскости поляризации можно, поместив между скрещенными поляризатором и анализатором слой оптически активного вещества. При этом в монохроматическом свете поле зрения просветляется. Чтобы поле зрения вновь сделать темным, необходимо повернуть анализатор на некоторый угол φ . Этот угол равен углу поворота плоскости поляризации.

Однако такой метод определения φ недостаточно точен, так как затемнение поля зрения происходит постепенно, и зафиксировать момент полного исчезновения света трудно.

Для устранения этого недостатка применяют полутеневого метод. Этот метод используется в поляриметре с кварцевой пластинкой, в котором установка производится не на полную темноту, а на равномерное освещение двух и более частей поля зрения. В оптическую схему поляриметра, используемого в данной работе (рис.2), кроме поляризатора (4) и анализатора (7) вводят полуволновую кварцевую пластинку небольшой толщины (5), ориентированную по отношению к поляризатору так, что она поворачивает плоскость поляризации лучей, прошедших через поляризатор, на небольшой угол 2α . Кварцевая пластинка вырезана так, что она перекрывает лишь среднюю часть поля зрения, наблюдаемого в окуляр. Боковые же части поля зрения освещаются светом, прошедшим только через поляризатор. Таким образом, поле зрения делится на три части.

Если колебания векторов напряженности плоскополяризованного света, вышедшего из поляризатора (ОР) и кварцевой пластинки (ОС) расположены симметрично относительно оси анализатора (ОА), то поле зрения в соответствии с законом Малюса освещено равномерно (рис. 1,а).

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_0 \cos^2 \alpha$$

Такая картина наблюдается без оптически активного вещества в поляриметре и с этим положением связан ноль шкалы прибора.

При помещении в поляриметр правовращающего оптически активного вещества направления колебаний ОР и ОС поворачиваются на угол φ по часовой стрелке (положение ОР' и ОС', рис. 1, б). Теперь ОР' и ОС' составляют с ОА углы $(\alpha - \varphi)$ и $(\alpha + \varphi)$ соответственно. В этом случае поле зрения будет освещено различно:

$$I_1 = I_3 = I_0 \cos^2(\alpha - \varphi) \quad (\text{боковые части поля зрения})$$

$$I_2 = I_0 \cos^2(\alpha + \varphi) \quad (\text{центральная часть поля зрения}).$$

Соответствующая картина наблюдается при помещении в поляриметр левовращающего оптически активного вещества (рис 1, в). При малом значении угла φ даже небольшой поворот на угол α приводит к заметному нарушению равенства освещенностей обеих полей.

Вращение плоскости поляризации активным веществом может быть скомпенсировано поворотом анализатора на угол φ вокруг направления луча. Тогда ось анализатора ОА' будет расположена симметрично

относительно OP' и OC' (рис.1, б и в) и поле зрения вновь будет освещено равномерно. Угол φ , на который поворачивают анализатор, равен углу вращения плоскости поляризации оптически активным веществом.

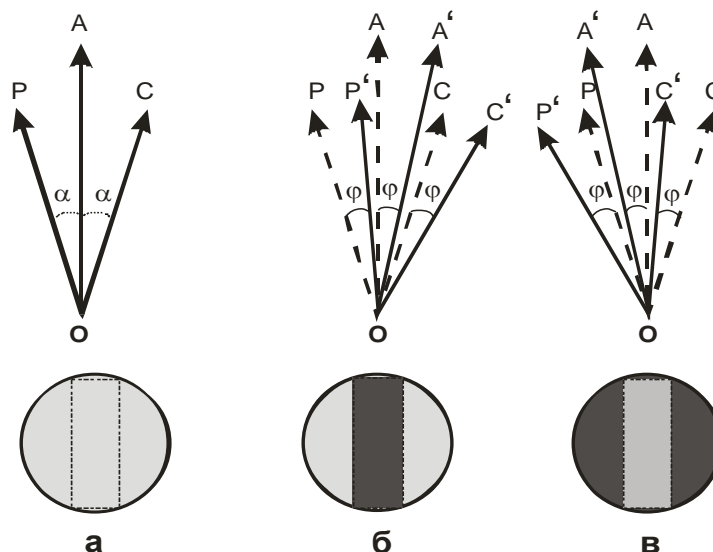


Рис. 1

Оптическая схема прибора приведена на рис.2. В качестве источника света используется натриевая лампа ($\lambda = 589,3$ нм, 20 Вт). Свет от лампы (1) проходит через собирающую линзу (2), светофильтр (3) и попадает на поляризатор (4). Далее плоскополяризованный свет проходит через кварцевую пластинку (5), трубку с раствором сахара (6), анализатор (7), объектив (8) и окуляр (9) зрительной трубки. Через окуляр наблюдается световое поле. АВ – узел поляризатора, CD – узел анализатора.

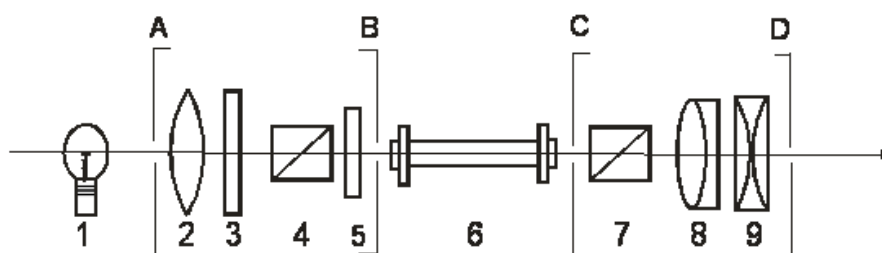


Рис. 2

Угол поворота анализатора отсчитывается по шкале лимба (рис. 3), которая поделена на 360° (с ценой деления 1°). Шкала лимба снабжена подвижным нониусом, при помощи которого отсчитываются доли градуса. Цена деления нониуса $0,05^{\circ}$.

Целые значения градусов считывается по шкале лимба, между которыми остановился ноль нониуса. Сотые доли градуса определяются так. Находится деление нониуса, которое совпадает с делением лимба. Число, стоящее против этого деления нониуса, умножается на 0,05. Например, отсчет на рис. 3 равен 1,20.

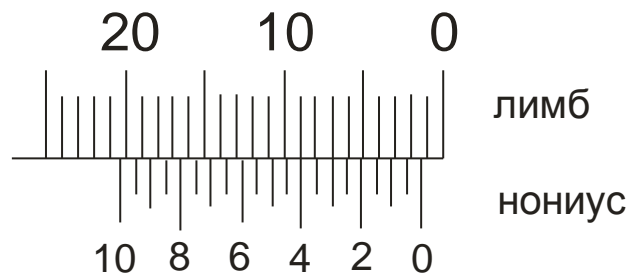


Рис. 3

Общий вид прибора приведен на рис. 4. Здесь 1 – источник света, 2 – камера для кювет (трубок) с оптически активным веществом, Поворот

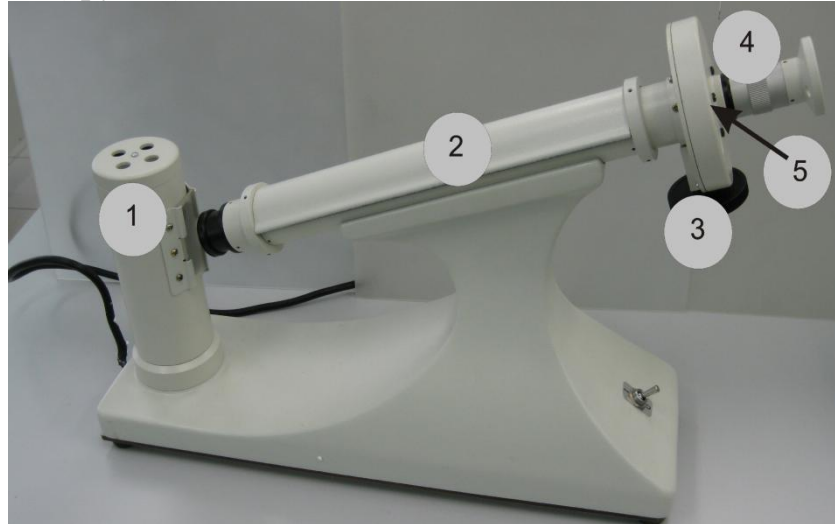


Рис. 4. Общий вид прибора

анализатора производится поворотом винта (3). Вращением муфты (4) производится фокусировка зрительной трубки, 5 – шкала прибора.

Порядок выполнения работы:

1. Включить поляриметр.
2. Вынуть кювету (трубку) из камеры для образцов (2) и привести анализатор в нулевое положение, при котором поле зрения имеет равномерную освещенность (рис. 1 , а). Произвести отсчет φ_0 по лимбу и нониусу.
3. Поместить трубку с раствором известной концентрации в камеру для образцов. Освещенность поля зрения становится такой как на рис. 1 (б или в).
4. Повернуть анализатор винтом (3) настолько, чтобы вновь получить равномерную освещенность поля зрения. Определить по шкале (5) значение угла φ' и вычислить угол поворота плоскости поляризации как разность: $\varphi = |\varphi' - \varphi_0|$.
5. Повторить пункты 3-4 для трубок другой длины с раствором такой же концентрации, как в первой трубке.
6. Построить график зависимости $\varphi(l)$, где l – длина трубки.

Контрольные вопросы :

1. Виды поляризации света.

- 2 Закон Малюса.
3. Естественное вращение плоскости поляризации. Оптически активные вещества.
4. Феноменологическая теория вращения плоскости поляризации.
5. Полутеневого метод измерения вращения плоскости поляризации.
6. Эксперимент. Анализ результатов эксперимента.

Рекомендуемая литература.

1. Ландсберг Г.С. Оптика, Изд.6, М., Физматлит, 2006. Главы XVI, XVII, XXX.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т.4. Оптика. Изд.3. М., Физматлит, 2005. §§ 62, 94.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Книга 5. М., АСТ: Астрель, 2006. Глава 6.
4. Бутиков Е.И. Оптика. Изд.2, С-Пб., Невский диалект, 2003. §1.2, §2.9, §§4.1–4.4.
5. Годжаев Н.М. Оптика., М., Высшая школа, 1977. Глава IX, глава XII (§§5, 6)