

Лабораторная работа № 3.7

Определение концентрации раствора сахара поляриметром

Цель работы: изучение работы поляриметра и определение с его помощью концентрации сахара.

Приборы и принадлежности: поляриметр, раствор сахара.

Теоретические положения Вращение плоскости поляризации, обнаруженное впервые на кристаллах кварца, заключается в повороте плоскости поляризации плоскополяризованного света при прохождении через вещество.

Вещества, обладающие способностью вращать плоскость поляризации, называются оптически активными.

Пусть свет падает от источника S на систему «поляризатор» P — «анализатор» A , которые поставлены «скрещено», т. е. их плоскости поляризации взаимно перпендикулярны $pp \perp aa$.

В этом случае свет до наблюдателя не дойдет, т. к. анализатор не пропускает свет в соответствии с законом Малюса ($\varphi = 90^\circ$).

(с.1)

Если же между поляризатором и анализатором поместить

оптически активное вещество T , происходит просветление поля зрения, которое, однако, можно погасить, повернув анализатор на угол φ . Следовательно, свет по выходе из вещества остается плоскополяризованным, но плоскость колебаний его светового вектора E ρ оказывается повернутой на угол φ . Оптической активностью могут обладать кристаллы (кварц, киноварь), жидкости (скипиндар, никотин) и их пары, растворы оптически активных веществ (водные растворы сахара, спиртовые растворы камфары и др.) Угол поворота φ плоскости поляризации пропорционален толщине слоя d оптически активного вещества: $\varphi = \alpha d$, (3.7.1) 49 где α — постоянная вращения, равная углу поворота плоскости поляризации слоя вещества единичной толщины. Для большинства оптически активных веществ (кварца, сахара и т. д.) обнаружено существование двух модификаций, осуществляющих (с.2)

вращение соответственно по и против часовой стрелки (если посмотреть по ходу луча). Первая модификация называется правовращающей, вторая – левовращающей.

В растворах, как показал Ж. Био, угол поворота ϕ плоскости поляризации пропорционален Толщине раствора l и его концентрации c : $\phi = \alpha l c$, (3.7.2) где α – постоянная прибора, l – Толщина раствора, c – концентрация раствора.

Для объяснения вращения плоскости поляризации Френель предположил, что в оптически активных веществах световые волны, поляризованные по кругу вправо и влево, распространяются с неодинаковой скоростью. Плоскополяризованный свет можно представить как суперпозицию двух поляризованных по кругу волн правого и левого вращения, с одинаковыми амплитудами и частотами. На рис. 1а обозначены:

E_1 – световой вектор левой составляющей,

(с.3)

α E_2 — правой составляющей, $\rho\rho$ — направление суммарного вектора E

. Рис. 3.7.1.

Если скорости распространения обеих волн неодинаковы, То по мере прохождения через вещество один из векторов,

например $E_1 \rho$, ϕ будет отставать в своем вращении

от вектора $E_2 \rho$ (рис. 3.7.1 б), т. е. результирующий вектор E будет поворачиваться в сторону более «быстрого» век-

тора $E_2 \rho$ и займет положение QQ . Угол поворота будет равен ϕ . Различие в скорости распространения света

с разными направлениями круговой поляризации

обусловлено асимметрией молекул. Молекулы право-

и левовращающих веществ являются зеркальным отображением друг друга. (с.4)

Модели зеркальносимметричных молекул яблочной кислоты показаны на рис. 3.7.2.

рис.3.7.2.

Эти молекулы нельзя совместить ни поворотом, ни перемещением. В зависимости от пространственной структуры молекул одно и то же вещество может вращать плоскость поляризации

по часовой стрелке (вправо), или против часовой стрелки

(влево). Кроме естественной оптической активности, вещество может обладать искусственной оптической активностью, которая возникает в нем под влиянием внешних воздействий, например, при внесении вещества в магнитное поле (эффект Фарадея). Эффект Фарадея заключается, (с.5)

в том что оптически неактивные вещества приобретают способность вращать плоскость поляризации света, распространяющегося вдоль магнитного поля, в которое помещено вещество. Опыт ставится по схеме (рис. 3.7.3): между скрещенными поляризатором и анализатором вводится оптически неактивное вещество, помещенное внутрь катушки с большим числом витков.

При включении электрического тока внутри катушки, благодаря большому числу витков, возникает сильное продольное магнитное поле. При этом наблюдатель видит освещение поля зрения прибора.

При вращении анализатора можно убедиться, что действительно имеет место поворот плоскости поляризации на некоторый угол ϕ .

Рис. 3.7.3.

(с.6)

Угол ϕ оказывается пропорциональным величине напряженности магнитного поля H и длине исследуемого вещества l : $\Phi = V H l$. (3.7.3)

Коэффициент V называется постоянной Верде и зависит от рода вещества и длины волны света. В последнее время эффект Фарадея широко используется в научных исследованиях. Оборудование Вращение плоскости поляризации нашло широкое применение для различных целей, в частности для определения процентного содержания сахара в растворах. В данной работе для этих целей используется прибор, называемый поляриметром. Часто приборы, предназначенные для измерения концентрации сахара, называют сахариметрами.

Основные части поляриметра: два николя N (поляризатор) и A (анализатор), расположенные в корпусе прибора, поддерживаемом штативом.

(с.7)

На поляризатор \mathcal{P} падает естественный луч от осветителя. После поляризатора луч проходит исследуемый раствор, залитый в стеклянную трубку, помещенную в корпус прибора. Луч, прошедший через раствор, затем проходит через анализатор и попадает в окуляр.

Анализатор может поворачиваться при помощи кремальеры. Угол поворота анализатора отсчитывается при помощи нониуса по разделенному на градусы лимбу.

Установить николи в положение перекрещивания по наблюдению изменения интенсивности прошедшего через них света с большой точностью очень трудно. Поэтому для повышения точности наблюдений применяется полутеневой поляризатор, отличающийся от обычного специальной конструкцией поляризатора и анализатора. Поле зрения

в таком поляриметре кажется разделенным на две половины. Анализатор необходимо вращать до тех пор, пока обе половины поля зрения не окажутся одинаково

(с.8)

затемненными (рис.3.7.4)

Рис. 3.7.4. Часть стенки корпуса прибора представляет собой крышку, которая может откидываться на петлях. Во внутреннюю часть корпуса помещают поочередно трубки с исследуемыми растворами сахара.

Длина стеклянной трубки в нашем приборе – 2 см.