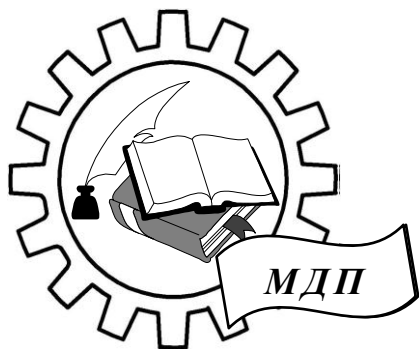


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Кафедра обладнання переробних і
харчових виробництв імені професора
Ф.Ю. Ялпачика

ПОЛЯРИМЕТРІЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи
з дисципліни "Методи дослідження процесів"

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
ОС Магістр

Мелітополь
2018

Методи вимірювання частот обертання валів. Методичні вказівки для студентів, що навчаються за спеціальністю 133 "Галузеве машинобудування" ОС Магістр - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2018 - 18 с.

Розробники: к.т.н., доцент кафедри ОПХВ ім Ф. Ю. Ялпачика
Самойчук К.О.
асистент кафедри ОПХВ ім Ф. Ю. Ялпачика
Ковальов О.О.

Рецензент: к.т.н., доц. каф.
Електротехнології і теплові
процеси

Вороновський І. Б.

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри ОПХВ
Протокол № від 2018 р.

Методичні вказівки затверджені методичною радою факультету ІКТ
Протокол № від 2018 р

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: Поляриметрія

Мета: розширити і поглибити знання студентів із сутності, видам, області застосування і методикою проведення аналізу поляриметричних приборів.

Час: 2 год.

1.1 Порядок виконання роботи

- представити викладачу виконане завдання для самопідготовки.

Умову завдання наведено у п. 1.2;

- проробити практичну частину;

- виконати домашнє завдання.

1.2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент в обов'язковому порядку повинен виконати наступні завдання:

а) вивчити конспект лекцій;

б) опрацювати рекомендовану літературу;

в) занести у зошит для практичних робіт такі матеріали:

1) Що таке спектр світла?

2) Що таке поляризація світла?

3) Як вимірюється і визначається концентрація розчинів?

1.3 Практична частина

1.3.1 Поляриметрія – як метод дослідження

Поляриметричні методи - методи дослідження, засновані на вимірюванні:

1) ступені поляризації світла

2) *оптичній активності*, тобто величини обертання площини

поляризації світла при проходженні його через оптично активні речовини.

Оптично активними називаються речовини, що володіють властивістю повертати площину поляризації при проходженні через них поляризованого світла.

Цією властивістю володіють оптично анізотропні середовища, на відміну від оптично ізотропних або неактивних, які цього не викликають.

Оптична активність речовин обумовлена особливостями будови кристалічної решітки — в цьому випадку речовини проявляють оптичну активність тільки в твердому кристалічному стані, або особливостями будови молекул – оптична активність таких речовин виявляється тільки в розчинах. Величина такого обертання в розчинах залежить від їх концентрації; тому поляриметрия широко застосовується для вимірювання концентрації оптично активних речовин в неактивних розчинниках.

Оптична, активність надзвичайно чутлива до будь-яких змін будови речовини і до міжмолекулярної взаємодії, тому вона може дати цінну інформацію про природу заміщувачів в молекулах як органічних, так і комплексних неорганічних сполук.

Вимірювання обертальної дисперсії — зміни кута обертання при зміні довжини хвилі світла (спектрополяриметрия) дозволяє вивчати будову речовин.

До оптично активним відносяться головним чином такі органічні речовини, як сахароза, фруктоза, глюкоза, винна кислота. Поляриметричний метод був розроблений для кількісного визначення речовин саме цієї групи.

Кут повороту площини поляризації залежить від природи речовини, концентрації його в розчині, товщини шару розчину, через який проходить поляризований промінь, а також довжини хвилі поляризованого променя і температури.

Оптична активність речовини характеризується питомим обертанням (α_0), під яким розуміють кут, на який обернеться площина поляризації при проходженні поляризованого променя через розчин, в 1 см^3 якого міститься

1г розчиненої речовини ($C=1г/см^3$), при товщині шару розчину (L), рівній 1дм. Питоме обертання залежить не тільки від природи речовини, але і від температури, довжини хвилі поляризованого світла і розчинника, тому його прийнято відносити до температури 20°C і жовтій лінії натрію і позначати з вказівкою розчинника.

Кут обертання площини поляризації (a) визначають по формулі:

$$a = a_0 \cdot L \cdot C \text{ – закон Біо} \quad (1)$$

де L – товщина шару розчину, дм;

C – концентрація речовини, г/см³;

a_0 – питоме обертання, град/дм•г/см³.

Користуючись формулою (1), легко обчислити концентрацію (C).

Поляриметричні методи широко і ефективно застосовуються в різних, дослідженнях структури і властивостей речовини в рішенні ряду технічних завдань.

Вимірювання проводяться *поляриметрами* і *спектрополяриметрами*.

1.3.2 Поляриметри

Поляриметр – прилад для вимірювання кута обертання *площини поляризації* монохроматичного світла в *оптично активних речовинах* (дисперсію *оптичної активності* вимірюють спектрополяриметрами).

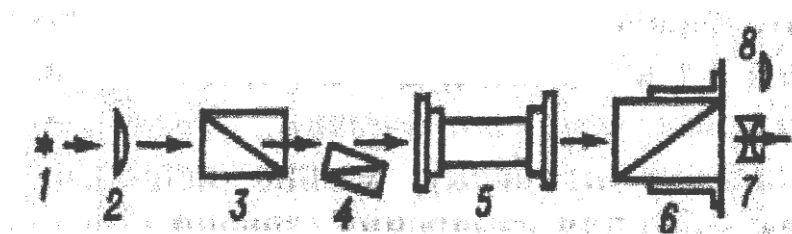
Основні робочі частини поляриметра: пристрій для поляризації света—поляризатор; пристрій для визначення кута повороту площини поляризації після проходження поляризованих променів через досліджуваний розчин — аналізатор; поляризаційна трубка, що наповнюється досліджуваним розчином і що поміщається між поляризатором і аналізатором.

Як поляризатори застосовують кристали ісландського шпату або інших мінералів, що володіють властивістю подвійного променезаломлення.

Аналізатор на відміну від поляризатора може повертатися навколо оптичної осі приладу.

Розрізняють *поляриметри* з установкою на повну темноту і напівтіньовий з подвійним і потрійним полем зору. Найбільш широке застосування отримали напівтіньові поляриметри. У поляриметрів цього типу з подвійним полем зору поляризатор складається з двох никелей, а у поляриметрів з потрійним полем зору — з трьох.

У поляриметрах, побудованих по схемі напівтіньових приладів (рисунок 1 і 2), вимірювання зводиться до візуального порівнювання яскравостей двох половин поля зору приладу і подальшому прочитуванню свідчень за шкалою обертань, забезпеченою ноніусом.



- 1 — джерело світла; 2 — конденсор; 3 — напівтіньовий поляризатор;
 4 — трубка з досліджуваною оптично активною речовиною;
 5 — аналізатор з відліковим пристроєм; 7 — зорова труба;
 8 — окуляра відлікового пристрою.

Рисунок 1 – Принципова схема напівтіньового поляриметра.

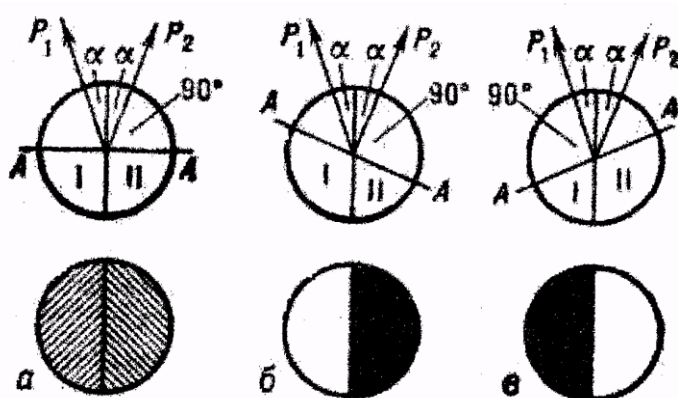


Рисунок 2 - Напівтіньові поляризатори:

Коли площини головних перетинів аналізатора і поляризатора розташовані паралельно, світло, що проходить через поляризатор, пройде і через аналізатор (за відсутності між ними оптично активного розчину).

Якщо ж головні перетини аналізатора і поляризатора взаємно перпендикулярні, промені через аналізатор не пройдуть.

При всіх проміжних положеннях через аналізатор від поляризатора пройде тільки частина променів.

Якщо помістити між поляризатором і аналізатором оптично активну речовину, то при проходженні через оптично активний розчин відбудеться поворот площини поляризації і світлове поле (заздалегідь налаштоване на однорідне забарвлення) стане неоднорідним. Обертаючи аналізатор, добиваються однорідного забарвлення поля аналізатора і по куту повороту аналізатора, сполученого з шкалою, судять про ступінь обертання площини поляризації досліджуваним розчином, що дозволяє розрахувати концентрацію активної речовини в розчині.

Подібна методика візуальної реєстрації володіє достатньо високою чутливістю, що дозволяє застосовувати напівтіньові поляриметри для багатьох цілей.

Площини поляризації дві їх половини P_1 і P_2 складають між собою малий кут 2α . Якщо площина поляризації аналізатора AA перпендикулярна бісектрисі 2α , обидві половини I і II поля зору мають однакову напівтіньову освітленість (рис. 2, а.). При найменшому повороті аналізатора відносна освітленість I і II різко міняється (рис. 2, б і в).

Проте поширеніші автоматичні поляриметри з фотоелектричною реєстрацією, в яких те ж завдання зіставлення двох інтенсивностей вирішується поляризаційною модуляцією світлового потоку і виділенням на виході приймача світла сигналу основної частоти.

Максимальна чутливість, досягнута в сьогоднішній час в поляриметричних вимірюваннях із застосуванням лазерів, складає 10^{-7} град.

Поляриметр може служити для визначення ступеня поляризації p частково поляризованого світла. Найпростіший такий поляриметр – це напівтіньовий поляриметр Корню, призначений для визначення ступеня лінійної поляризації. Основними елементами цього поляриметра служать призма Волластона і *аналізатор*. Поворотом аналізатора (шкала повороту проградуєвана на значення p) порівнюють яскравості полів, що освітлюються пучками, які при виході з призми мають неоднакову інтенсивність.

Фотоелектричний поляриметр для вимірювання лінійної поляризації складається з аналізатора, що обертається навколо оптичної осі поляриметра, і фотоприймача. Відношення амплітуд змінної складової струму приймача до постійної - безпосередньо дає p . Поставивши перед поляриметром фазову пластинку чверть довжини хвилі, можна використовувати його для вимірювання ступеня кругової (циркулярної) поляризації.

Поляриметри широко і інтенсивно застосовуються в різних дослідженнях структури і властивостей речовини, у вирішенні ряду технічних завдань. Зокрема, вимірювання ступеня циркулярної поляризації випромінювання космічних об'єктів дозволяють виявити сильні магнітні поля Всесвіту.

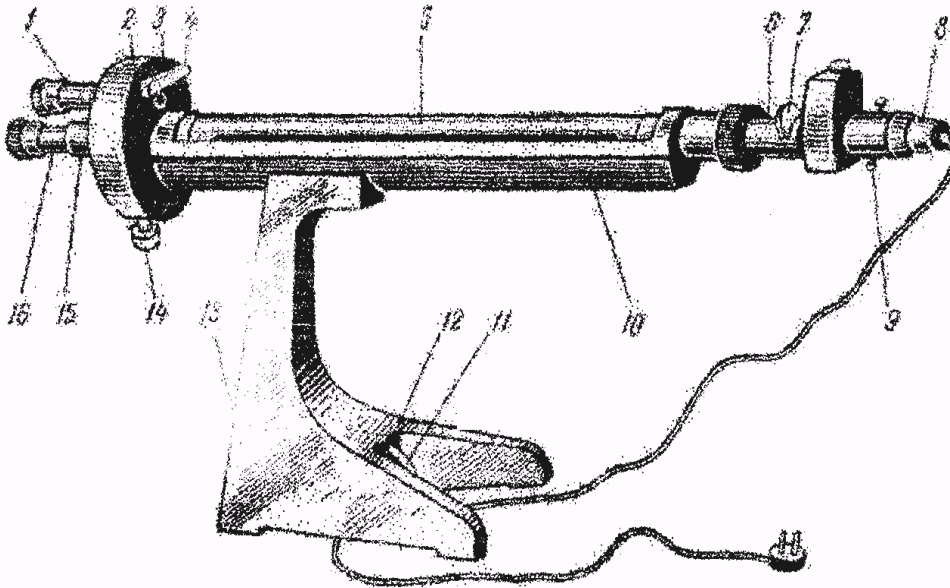
1.3.3 Цукрометр

Різновидом поляриметра є *цукрометр* (рисунок 3), призначений для визначення змісту сахарози в розчинах. На відміну від поляриметрів інших видів цукрометр має лінійну шкалу, градуєвану по сахарозі. 100° цієї шкали відповідають 34, 62 кругові радіуси шкали поляриметра.

Цукрометр показує 100° , якщо в трубці завдовжки 200 мм поляризують розчин, в 100 мл якого при 20°C міститься точно 26 г хімічно чистої, абсолютно сухої сахарози.

Особливість оптичної системи цукрометра полягає в тому, що

аналізатор в ньому поставлений на півтінь по відношенню до поляризатора і укріплений нерухомо. Зміна кута повороту площини поляризації, викликане досліджуваним розчином, встановлюють клиновим кварцовим компенсатором



- 1 — лупа в оправі; 2 — вузол вимірювальної головки;
 3 — гвинт установки шкали на нуль; 4 — знімний ключ;
 5 — камера для поляриметричних кювет; 6 — поляризатор;
 7 — поворотна обойма зі світлофільтром; 8—освітлювальний вузол;
 9 — гвинти для закріплення патрона з лампою; 10 — траверси;
 11 - вилка роз'єму; 12 — гвинт заземлення; 13 — підстава;
 14 — рукоятка кремальєрної передачі; 15 — гільза з аналізатором;
 16 — зорова труба.

Рисунок 3 – Цукрометр типу СУ-3.

Кварц – оптично активна речовина, що володіє обертальною здатністю, близькою до обертальної здатності сахарози, але зворотною по напрямку. Міняючи товщину шару кварцу, можна повністю компенсувати обертання, що викликається сахарозою.

Існує декілька типів компенсаторів, що відрізняються один від одного кількістю кварцових клинів і пластинок. Але принцип дії їх однаковий і

заснований на тому, що відносним переміщенням клинів можна міняти товщину кварцового шару.

Рухомий клин (або клини) змішається шестерінкою, сполученою з рухомою горизонтальною шкалою, що дозволяє відлічувати безпосередньо концентрацію розчину сахарози

Порядок проведення аналізу

Трубку цукрометра (див. рисунок 3), тільки що вживану (не суху), спочатку обполіскують дистильованою водою, а потім двома – трьома невеликими порціями випробовуваного розчину. Торцеві (покривні) стекла промивають дистильованою водою і насухо протирають.

При дослідженні чистого цукру-піску або рафінаду користуються трубкою завдовжки 200 мм, для сметок— 100 мм.

Трубку, закриту з одного боку, наповнюють так, щоб верхній меніск розчину виступав над її краями, після чого трубку накривають скельцем, а потім вже нагвинчують металеву головку. Далі перевіряють, чи немає в трубці бульбашок повітря. За наявності їх головку з склом знімають і в трубку додають декілька крапель розчину. Із зовнішнього боку торцеві стекла повинні бути абсолютно сухими, інакше поле зору виявиться затемненим.

Перед тим, як помістити трубку в камеру, окуляр зорової труби і лупу шкали обертанням їх оправ встановлюють на максимальну різкість зображення так, щоб були чітко видні вертикальна лінія, що розділяє поле зору на дві половини, а у полі зору лупи – штрихи і цифри шкали ноніуса.

Перед початком вимірювань прилад встановлюють на нуль. Для цього (за відсутності в камері поляриметричної кювети) обертанням рукоятки кремальєрної передачі добиваються повної однорідності обох половин поля зору, при цьому нульові ділення шкали і ноніуса повинні співпасти. Інакше за допомогою ключа переміщують ноніус до поєднання його нульового ділення з нульовим діленням шкали, після чого приступають до вимірювань.

У камеру приладу вкладають поляриметричну кювету з випробовуваним розчином, в результаті змінюється однорідність обох половин поля зору. Обертанням рукоятки кремальєрної передачі зрівнюють їх освітленість. Після цього, користуючись ноніусом, відлічують свідчення з точністю до $0,5^\circ$. Потім перевіряють зрівнювання освіщеностей обох половин поля зору і знову відлічують свідчення (рисунок 4).



Рисунок 4 – Положення шкали і ноніуса, відповідне відліку $11,8^\circ$

Відлік проводять не менше трьох разів; при цьому кожен відлік починають з повернення рукоятки в нульове положення. Записавши всі три свідчення (P_1 , P_2 , P_3), розраховують середнє з них (P_{cp}) по формулі

$$P_{cp} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3}, \quad (2)$$

де P_{cp} – вміст сахарози в досліджуваному продукті % (при використанні трубки довжиною 100 мм результат множують на 2).

Вміст сахарози в цукрі прийнято виражати в перерахунку на суху речовину, тому визначають також вологість цукру шляхом його висушування.

Знаючи вологість цукру (w), вміст сахарози (X) у відсотках в перерахунку на суху речовину обчислюють за формулою

$$X = P_{cp} \cdot 100 / (100 - w) \quad (3)$$

Цукрометром можна визначити вміст сахарози в розчині невідомої концентрації без попереднього узяття навішування. При цьому спочатку визначають щільність з досліджуваної речовини (розчину), а потім обчислюють вміст сахарози у відсотках по формулі

$$X = 0,260P_{cp} / \rho \quad (4)$$

1.4 Контрольні питання

1. На яких вимірюваннях засновані поляриметричні методи аналізу?
2. Що таке оптична активність?
3. Що таке спектрополяриметрія?
4. Що таке питома обертання?
5. Що таке поляриметр?
6. Будова поляриметра
7. Як працює фотоелектричний поляриметр?
8. Що таке цукрометр, і в чому його особливості по відношенню до інших поляриметрів?
9. Опишіть порядок роботи проведення аналізу із застосуванням цукрометра.

1.5 Домашнє завдання

Відповісти на наступні запитання:

- принципи та суть поляризації світла;
- в чому проявляється явище анізотропії?
- що таке прозорість? Як визначається прозорість рідини?;
- які оптичні закони та принципи ви знаєте?

Рекомендована література

1. Красников В.В., Тимошин Е.И. и др. Спектральный люминесцентный анализ пищевых продуктов. - М.:Агропромиздат, 1987, - 287 с.
2. Нахмансон М.С., Фекличев В.Г. Диагностика состава материалов рентгенодифракционными и спектральными методами. -Л.: Машиностроение, 1990, - 356 с.
3. Базарова В.И., Боровикова Л. А. и др. Исследование продовольственных товаров. – М.: Экономика, 1986. – 293 с.

