

УДК 535.361

*Д.Р. Братова, студент гр. ПО-42, ас. Васильковська І.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ КУТА ПОВОРОТУ ПЛОЩИНИ ПОЛЯРИЗАЦІЇ В ЦУКРОВІСНИХ РОЗЧИНАХ

Анотація. Розроблено метод вимірювання кута повороту площини поляризації в цукровісних розчинах з метою визначення в них концентрації цукру. Показано, що використання цифрової камери для спостереження розширює діапазон вимірювання приладу. Проведене експериментальне дослідження концентрацій експериментальних зразків підтверджує адекватність методу.

Ключові слова: цукрометр, поворот площини поляризації, хіральні молекули, оптична активність

ВСТУП

Всесвітня організація охорони здоров'я настійно рекомендує вживати не більше 25-50 грамів цукру щодня [1]. При цьому цукор міститься не лише у солодошах, але й у багатьох інших продуктах, у соках і газованих напоях зокрема. Часто виробники занижують, або ж навіть приховують реальний вміст цукру в продуктах. Зловживання цукром з часом може призвести до різноманітних захворювань, наприклад до надмірної ваги, ожиріння та карієсу. Тому дослідження концентрації цукру у напоях є актуальною проблемою сьогодення. Одним із найпоширеніших приладів для визначення концентрації цукру у розчинах є цукрометр, принцип роботи якого оснований на здатності оптично активних речовин, до яких належать вуглеводи цукор та глюкоза, повертати площину поляризації при поширенні через неї [2-3]. Метою даної статті є розробка методу вимірювання кута повороту площини поляризації в цукровісних розчинах з метою визначення в них концентрації цукру.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Розповсюдження електромагнітної хвилі в речовині супроводжується розсіянням на молекулах речовини. Якщо молекули мають неправильну форму, то розсіяння на кожній із них різне в різних напрямках. Зазвичай ці різні розсіювання в сумі призводять до сповільнення розповсюдження світла, але не впливають на його поляризацію. Проте, якщо в розчин помістити молекули, які неоднаково розсіюють різні циклічні поляризації, то їх сумарний ефект може призвести до того, що загальна поляризація світла зміниться. Для цього необхідно, щоб кількість молекул, яка більше розсіює одну з поляризацій, переважала кількість молекул, яка більше розсіює іншу поляризацію. При проходженні світла через такий розчин вектор його поляризації повертається на певний кут. Такі молекули називаються хіральними, тобто такими, що не мають симетрії, окрім дзеркальної. А речовини, які можуть повертати площину поляризації світла, називаються оптично активними.

Жан-Батіст Біо у 1815 році встановив закон обертання площини поляризації та відкрив існування право- і лівоповоротних речовин, виявив оптичну активність у деяких органічних сполуках, зокрема в розчині цукру, та показав, що кут повороту площини поляризації пропорційний концентрації розчину, заклавши тим самим основу неструктивного методу визначення кон-

центрації цукру — цукрометрії.

На основі дослідів, проведених Біо з розчинами в 1831 році, встановлено вираз для кута повороту площини поляризації в розчинах оптично активних речовин в неактивних розчинниках [3]:

$$\varphi = [\alpha] \times d \times c, \quad (1)$$

де $[\alpha]$ – питома стала повороту, d – шлях поляризованого світла в розчині, c – концентрація розчину. Знаючи питому сталу повороту речовини та кут повороту площини поляризації, можна знайти концентрацію речовини в розчині і навпаки, знаючи концентрацію та кут повороту, можна знайти питому сталу повороту речовини.

Лабораторна установка була зібрана на базі приладу СУ-3 універсально-го цукрометру, який дозволяє з високою точністю вимірювати кут, на який повертається площина поляризації електромагнітної світлової хвилі в оптично активному середовищі (рис. 1). Додатково до приладу приєднувалась цифрова фотокамера.

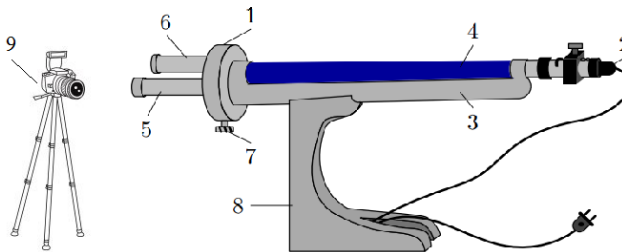


Рисунок 1. Схема експериментальної установки:

- 1 – вимірювальний вузол, 2 – освітлювальний вузол, 3 – траверса,
- 4 – камера для поляриметричної кювети, 5 – зорова труба, 6 – відлікова шкала,
- 7 – ручка для компенсації повороту площини поляризації, 8 – тумблер для ввімкнення освітлювальної лампи, 9 – цифрова фотокамера

Принцип дії сахариметра складає наступне – світловий потік від лампи перетворюється конденсором в пучок паралельних променів, які направляються в поляризаційну призму. Поляризаційна призма складається з двох ідентичних поляризаційних призм, кожна з яких являє собою склейку. Обидві призми перетворюють природне світло, яке на них падає, в лінійно поляризоване. Площини поляризації цих призм нахилені одне до одного на малий кут $\gamma = 2..3^\circ$.

Якщо в кювету налити оптично активну рідину, то у відповідності з виразом (1) вона поверне площини поляризації на деякий кут φ , при цьому ліва і права половини призми уже не будуть однаково яскравими (рис. 2, а, в).

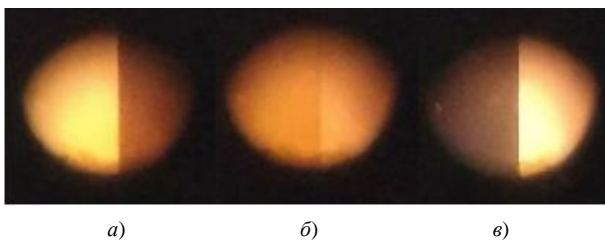


Рисунок 2. Зображення зміни яскравості

Вимірювання здійснюється в момент, коли права й ліва частини зрівноважуються (рис. 2, б). Для цього необхідно повернути площини поляризації назад, тобто в те положення, яке вони займали при порожній кюветі. Цю задачу виконують клини.

У цукрометрі СУ-3 використовується міжнародна цукрова шкала. Одна поділка цієї шкали відповідає куту повороту площини поляризації на 0,3462. Таким чином, кут повороту площини поляризації можна визначити по формулі [3]

$$\varphi = 0,3462 \times S, \quad (2)$$

де S – відлік, знятий зі шкали.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Було проведене дослідження семи експериментальних зразків, серед яких 1 водний розчин цукру, 1 водний розчин цукрозамінника, 3 цукровмісних зразки соків різних виробників, 1 зразок цукровмісного напою, 1 зразок такого ж напою, але з цукрозамінником. Довжина кювети однакова $l=6,5$ см. Були виміряні кути повороту площини поляризації у кожному зі зразків. Результати вимірювань оформлені в таблицю 1. Для темних та низькоконцентрованих зразків додатково використовувалася цифрова фотокамера.

Таблиця 1. Розрахункові результати вимірювань

№ зразку n/n	1	2	3	4	5	6	7
Кут повороту площини поляризації, φ	18,92725	-0,30663	0,03462	4,45733	1,497315	3,508984	-5,25235
Питома постійна повороту $[\alpha]$	11,6475	-11,794	11,6475	11,6475	11,6475	11,6475	-11,794
Концентрація c , г/мл	0,25	0,004	0,00046	0,05887	0,019777	0,046348	0,068516
Колір розчину	Прозорий	Прозорий	Світло-жовтий	Жовтий	Світло-жовтий	Темно-коричневий	Темно-коричневий

Використання цифрової фотокамери дозволило зареєструвати малі коливання зміни яскравості, що спостерігалися у випадках дуже малих концентрацій, а також, коли було неможливо розрізнити зображення.

Аналіз результатів дослідження показав, що пакет соку, об'ємом 200 мл, містить у першому зразку соку 0,1 г цукру, у другому зразку – 12 г цукру, у третьому зразку – 4 г цукру. У випадку цукровмісного напою, об'ємом 500 мл концентрація цукру становить 23 г.

Також виявлено, що цукрові розчини є правоповоротними, а розчини із вмістом цукрозамінника – лівоповоротними.

ВИСНОВКИ

Розроблено метод вимірювання кута повороту площини поляризації в цукровмісних розчинах на покращеному стенді із цифровою фотокамерою. Він дозволяє якісно визначати концентрацію цукру, як у малопрозорих розчинах, так і в розчинах з малою концентрацією. Результати експерименту показують, що вміст цукру в досліджуваних зразках, перерахованих на разову порцію, складають від 0,4% добової норми споживання цукру до 48% для соків, а також майже добову норму цукру у випадку цукровмісного напою. Подальші дослідження можна спрямувати на розробку портативного цукрометра для експрес-дослідження концентрації цукру в рідині.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. WHO calls on countries to reduce sugars intake among adults and children / World Health Organization — Режим доступу <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/sugar-guideline/en/> — 4.03.2015 р.
2. Пискарева С.К. Аналитическая химия: учебник для сред. спец. учеб. заведений / С. К. Пискарева, К. М. Барашков, К. М. Ольшанова — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1994.— 384 с
3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Основи оптики» для студентів оптичних спеціальностей. Частина 3 / уклад. С. С. Троїцький, Є.Г. Балінський, Л.А. Коваленко. — К.: НТУУ «КПІ», 1997. — 56с.