



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Прикарпатський національний університет імені
Василя Стефаника

Факультет природничих наук
Кафедра хімії

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТАНТИ КИСЛОТНОСТІ КИСЛОТНО- ОСНОВНОГО ІНДИКАТОРА

ІНСТРУКЦІЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

із дисципліни «Фізична хімія»

**ІВАНО-ФРАНКІВСЬК
2021**

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема: Спектрофотометричне визначення константи кислотності кислотно-основного індикатора.

Метою роботи є спектрофотометричне визначення константи кислотності кислотно-основного індикатора на основі відмінності кольорів дисоційованої та недисоційованої форми слабкої органічної кислоти.

Обладнання:

- Вага аналітична «AXIS» з інструкцією користувача;
- Спектрофотометр Ulab 102UV з інструкцією користувача;
- рН-метр/ кондуктометр/ термометр/ОВП-метр лабораторний AZ-86505;

Реєстрація спектрів поглинання у видимому діапазоні проводиться з використанням спектрофотометра (Ulab 102UV), (Рис. 1).



Рис 1. Спектрофотометр Ulab 102UV.

Реактиви: дистильована вода, 0.04 М оцтова к-та; 0.04 М фосфатна к-та; 0.04 М борна к-та; 0.2 М розчин NaOH; бромкрезоловий зелений ($6,41 \cdot 10^{-4}$ М) та м-крезоловий фіолетовий ($6,41 \cdot 10^{-4}$ М).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Механізм зміни кольору бромкрезолового зеленого, як індикатора на рН-розчину, зв'язаний з електролітичною дисоціацією слабкої кислоти, тобто:



Константа дисоціації реакції виражається наступним рівнянням (2):

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} \quad (2)$$

У кислих розчинах рівновага зміщується у бік недисоційованої форми HA (жовтий колір, Рис. 2), тоді як у лужних розчинах - у бік дисоційованої форми A⁻ (синій колір). Через різницю кольорів між двома формами, константу дисоціації цієї кислоти можна визначити шляхом вимірювання кумулятивного поглинання розчинів з різними значеннями рН у діапазоні видимого світла.



Рис 2. Колір бромкрезолового зеленого у лужному, нейтральному та кислому розчинах (зліва направо відповідно).

Оптична густина (A) – є мірою поглинання випромінювання, що виражається, як відношення інтенсивності падаючого світла I₀, до інтенсивності пропускнуго світла I, та розраховується за рівнянням (3):

$$A = \frac{I_0}{I} \quad (3)$$

Відповідно до закону Бугера-Ламберта-Бера, величина оптичної густини A розчину пропорційна концентрації поглинаючої речовини c та товщині світлопоглинаючого шару розчину l:

$$A = \epsilon \times l \times c \quad (4)$$

Коефіцієнт пропорційності ϵ – це молярний коефіцієнт світлопоглинання – визначається, як поглинання розчину з концентрацією 1М (моль/дм³) при товщині поглинаючого шару l = 1 см. На практиці концентраційна залежність оптичної густини є лінійною лише до певної межі. Це значною мірою зумовлено наступними факторами:

- поглинаючі молекули розподіляються в непоглинаючому розчині таким чином, що їх поперечні перерізи не перекриваються, навіть при зміні концентрації розчину, товщини поглинаючого шару або температури;
- поглинаючі молекули не взаємодіють між собою, навіть при збільшенні концентрації розчину.

Для визначення константи кислотності кислотно-основного індикатора, припускається, що в рівновазі повинна бути лише одна кислотна форма індикатора (HIn) і одна основна форма (In⁻):



Якщо використати концентрації, а не активності форм індикатора, вираз для константи рівноваги реакції набуває вигляду:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \quad (6)$$

А логарифмічна форма рівняння (6) має вигляд:

$$\text{p}K_a = \text{pH} + \log_{10} \frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}]} \quad (7)$$

Наприкладі бромкрезолового зеленого, кислотна форма індикатора має жовтий колір, з відповідним λ_{max} на певній довжині хвилі, а основна форма має синій колір, з відповідним λ_{max} на іншій довжині хвилі. Якщо довжина оптичного шляху підтримується незмінною, і всі розчини містять однакову концентрацію, кислотно-лужне співвідношення при λ_{max} будь-якої кислотно-основної форми визначається за наступним рівнянням:

$$\frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}]} = \frac{A - A_{\text{In}^-}}{A_{\text{HIn}} - A} \quad (8)$$

де A – оптична густина розчину, що містить певну концентрацію кислотно-основної суміші, A_{In^-} - оптична густина основної форми при тій же концентрації, а A_{HIn} - оптична густина кислотної форми при тій же концентрації.

Підставивши вираз HIn – In в рівняння 8, отримаємо:

$$\text{p}K_a = \text{pH} + \log_{10} \frac{A - A_{\text{In}^-}}{A_{\text{HIn}} - A} \quad (9)$$

$$\log_{10} \frac{A - A_{\text{In}^-}}{A_{\text{HIn}} - A} = \text{p}K_a - \text{pH} \quad (10)$$

Значення $\text{p}K_a$ може бути визначена одним із двох еквівалентних методів - алгебраїчним або графічним методом. В алгебраїчному методі набори значень

pH та оптичної густини підставляються в рівняння 9, і pK_a обчислюється для кожного розчину з різним pH. Значення pK_a - це середнє значення обчислених pK_a . Або графічний метод полягає у побудові графіку залежності $\log_{10}[(A - A_{In^-})/(A_{HIn} - A)]$ від pH розчину, і pK_a отримується з перетину вісі осі x. Притому, що нахил прямої повинен мати від'ємне значення.

Хід роботи

1. Приготуйте 7 буферних розчинів (фосфатний буфер Бріттена-Робінсона). Для цього за допомогою мірної піпетки додайте в колби по 10 см³ вихідного розчину (суміші слабких кислот: 0.04 М оцтової кислоти, 0.04 М фосфатної та 0.04 М борної), а потім додайте до них відповідний об'єм 0.2 М розчину NaOH (Табл.1).

Таблиця 1. Приготування буферних розчинів Бріттена та Робінсона.

№ п/п	V _{NaOH} (см ³)	pH розчину
1	0.00	2.80
2	0.05	2.81
3	0.25	3.98
4	0.50	4.24
5	0.75	5.05
6	1.00	6.19
7	2.00	9.58

2. Приготуйте розчини бромкрезолового зеленого у 7 колбах.

Для цього беруть 10 см³ відповідного буфера градуйованою піпеткою і додають 0.5 см³ вихідного розчину бромкрезолового зеленого (концентрація $6,41 \cdot 10^{-4}$ М). Незначне додавання слабкої кислоти не впливає на значення pH буферних розчинів.

3. Готові розчини бромкрезолового зеленого та відповідні їм буферні розчини налейте у чисті скляні кювети ($l = 1$ см), приблизно до $\frac{3}{4}$ від їх висоти. Буферний розчин № 1 є вихідним розчином і його додають одразу в кювету.

Будь-який бруд на бічних стінках кювет (наприклад, відбитки пальців) слід протирати папером, змоченим спиртом.

4. Увімкніть спектрофотометр, комп'ютер та запустіть програму *Spectre*.

5. Виміряйте оптичну густину розчинів бромкрезолового зеленого в діапазоні довжин хвиль 340 - 750 нм відносно відповідних буферних розчинів, як еталонів.

6. Вставте розчин порівняння в перший кюветотримач таким чином, щоб оптичний шлях променя проходив крізь прозору стінку кювети. Почніть вимірювання, натиснувши кнопку Пуск. Після зняття базового спектру, вставте в наступний кюветотримач досліджуваний зразок номер 1 і проведіть процедуру вимірювання. Після завершення запису збережіть файли з результатами з розширенням .txt.

7. Проведіть вимірювання всіх наступних зразків, таким же чином. Файли з розширенням .txt можна відкрити, як за допомогою програми Excel, так і в будь-якому текстовому редакторі.

8. Вимкніть програму *Spectre*, комп'ютер та спектрофотометр. Промийте мірні кювети водою, потім спиртом і висушіть.

Обробка результатів аналізу

1. Побудуйте графік залежності оптичної густини від (λ) для всіх розчинів.

2. Виберіть на графіку довжину хвилі - не в максимумі поглинання і не в точці ізозбесту (перетин отриманих кривих), а наприклад в точці 570 нм.

3. На обраній довжині хвилі обчисліть константи дисоціації pK_a для розчинів 2-6, використовуючи формулу (9). На основі отриманих значень константи pK_a обчисліть середнє значення константи дисоціації кислотно-основного індикатора. Занесіть результати в таблицю результатів (Табл. 2).

4. Порівняйте отриманий результат із літературними даними ($pK_a = 4.90$), прокоментуйте можливі відмінності.

5. Побудуйте графік залежності $\log_{10}[(A - A_{In^-})/(A_{HIn} - A)]$ від рН розчину, а pK_a визначте з перетину осі x . А нахил прямої повинен мати від'ємне значення.

Таблиця 2. Визначення pK_a для кислотно основного індикатора

рН	Оптична густина	$\log_{10} \left[\frac{A - A_{In^-}}{A_{HIn} - A} \right]$	pK_a з р-ня 3
			сер
12	$A_{In^-} =$		
2	$A_{HIn} =$		

Висновки _____
