

ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ

Кафедра неорганічної та фізичної хімії

ТЕТЯНА САВЧУК, СВІТЛАНА КОРОЛЬЧУК

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
“ХРОМАТОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ”**

*для студентів спеціальності 102 Хімія
та 014.06 Середня освіта (Хімія)*

Луцьк – 2025

Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 7 від 19 березня 2025 року)

Рецензент: *Салієва Л.М.* – кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної та фармацевтичної хімії ВНУ імені Лесі Українки.

САВЧУК Т. І., КОРОЛЬЧУК С. І.

Х-94. Хроматографічний аналіз. Методичні рекомендації до практичних робіт / Савчук Тетяна Іванівна, Корольчук Світлана Іванівна - Луцьк : Вежа-Друк, 2025 – 31 с.

Методичні рекомендації до практичних робіт „Хроматографічний аналіз” містять методики виконання практичних робіт та питання до самопідготовки.

Рекомендовано студентам IV курсу, спеціальності 102 Хімія, освітньо-професійної програми Хімія та предметної спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія), за освітньо-професійною програмою Середня освіта (Хімія).

УДК 543.544.7 (072)

©Савчук Т.І., Корольчук С.І. 2025

© Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практична робота № 1. Визначення ефективності ТШХ-розділення.....	5
Практична робота № 2. Розділення і виявлення амінокислот в їх суміші методом паперової хроматографії	10
Практична робота № 3. Розділення і ідентифікація катіонів методом радіальної хроматографії.....	14
Практична робота № 4. Визначення статичної обмінної ємності іонообмінників.....	20
Практична робота № 5. Визначення динамічної обмінної ємності (ДОЄ і ПДОЄ) катіонообмінника.....	25
Література.....	30

ВСТУП

Хроматографічний аналіз застосовується у сучасних хімічних лабораторіях для виділення та ідентифікації органічних та неорганічних речовин. Він є складовою сучасної аналітичної хімії. Хроматографічні методи посідають особливе місце серед ефективних методів аналітичного аналізу, найбільш широко застосовують, оскільки є універсальним, що дозволяє провести аналіз складних неорганічних та органічних речовин, які можуть перебувати у газовому, рідкому і твердому агрегатному стані.

При вивченні освітнього компонента студенти зможуть: закріпити і поглибити знання по фізико-хімічних методах ідентифікації та виявлення речовин, а саме, теорію і практики хроматографічного аналізу, які безпосередньо використовуються для розробки методик розділення, ідентифікації та кількісного визначення близьких за властивостями речовин, формування уявлення про класичні та найбільш уживані сучасні методи хроматографії.



ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Рідинна хроматографія. Площинні методи. Визначення ефективності ТШХ-розділення

Як критерій ступеня розділення двох компонентів і більше використовуються R_f та коефіцієнт розділення (коефіцієнт селективності) α . Ефективність розділення залежить від величини ВЕТТ та кількості ТТ: чим менше значення ВЕТТ, тим ефективніше буде розділення. Змінюючи систему розчинників чи природу нерухомої фази, можна обрати оптимальну хроматографічну систему (знайти найбільшу різницю в значеннях R_f двох компонентів і вибрати параметри ефективного хроматографічного розділення з врахуванням ВЕТТ).

Реактиви і обладнання:

Розчинники: Гексан, толуен, хлороформ, ацетон, етанол.

Розчини метилового оранжевого (червоного), метилового фіолетового (синього) та їх суміш

Камери для хроматографування

Пластинки для ТШХ Sorbfil: підкладка – алюмінієва фольга, сорбент – широкопористий сілікагель, зв'язуюча речовина – крохмаль

Хід роботи

На пластинках відзначають стартові лінії на відстані 1,5 см від краю пластинок. На стартову лінію наносять три проби (по 2 мкл), що містять суміш барвників в рівних співвідношеннях (0,2 М розчин). Проби наносять, обережно торкаючись каліброваним капіляром пластинки. Дуже важливо, щоб краплі не розтікались і мали однаковий діаметр – від 2 до 4 мм. Відстань між окремими пробамі повинна бути не меншою 1 см. Після цього дають краплям підсохнути і пластинки поміщають в камери для хроматографування. Роздільна камера являє собою скляну посудину

довільної форми, що відповідає розміру пластинки, з плоским дном. Висота камери приблизно 25 см при розмірі пластинки 20×20 см. В камеру наливають розчинник в такій кількості, щоб поставлена вертикально пластинка з нанесеною речовиною була занурена в нього на 5 мм. На задній стінці камери прикріплюють змочений розчинником листок фільтрувального паперу, нижній край якого занурений в розчинник, для кращого насичення камери парами. Зверху камеру закривають склом.

В різні камери для хроматографування наливають різні рухомі фази. В усі камери поміщають по пластинці з ідентично нанесеними пробами. Краплі не повинні бути занурені в розчинник! Камери герметично закривають. Підйом рідини по шару сорбента не повинен перевищувати 10 см – ця відстань відповідає оптимальним умовам найкращого розділення. Після підйому рідини на вказану висоту пластинки виймають, відмічають лінію фронту, сушать у витяжній шафі на повітрі. Для хроматограм обох пластинок, отриманих для різних розчинників, знаходять BETT: $H=L/N$, де L – відстань пройдена фронтом розчинника, N – число теоретичних тарілок. Кількість ТТ N в ТШХ розраховують за формулою:

$$N = 16 \left(\frac{x}{y} \right)^2,$$

де x – відстань, пройдена сорбатом від стартової лінії до лінії утворення плями, y – діаметр плями.

Записують по три значення N для кожного барвника в різних хроматографічних системах. Далі розраховують значення R_f для барвників, виходячи з отриманих хроматограм.

Отримані результати обробляють методом математичної статистики і записують в табл. 1:

Результати дослідження ефективності хроматографічного розділення
барвників на пластинах Sorbfil

Рухом фаза	H+ΔH		$R_f + \Delta R_f$		$R_f(M.O.) / R_f(M.Ф.)$
	М.О.	М.Ф.	М.О.	М.Ф.	

Питання для самоконтролю

1. Поняття ВЕТТ, розрахунок кількості теоретичних тарілок (т.т.) та висоти, еквівалентної теоретичній тарілці.
2. Ефективність хроматографічної системи з точки зору концепції теоретичних тарілок.
3. Вплив термодинамічного розмивання на форму хроматографічного піку.
4. Дифузійне розмивання в рідинній та газовій хроматографії.
5. Кінетичне розмивання, вибір оптимальної швидкості елюювання.
6. Вплив параметрів колонки на розмивання хроматографічної зони в газовій та в рідинній хроматографії.
7. Зв'язок між кількістю речовини в пробі та розмиванням хроматографічної зони.
8. Рівняння Ван-Деємтера.
9. Шляхи підвищення ефективності хроматографічної системи.
10. Зв'язок між ефективністю і селективністю хроматографічної системи.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Розділення і виявлення амінокислот в їх суміші методом паперової хроматографії

Реактиви і обладнання:

розчини індивідуальних амінокислот, що містять по 0,8-1 мг/мл амінокислот; та їх суміш в ізопропанолі з водою (1:9);

папір для хроматографії;

елюент: суміш вода: н-бутанол:ацетатна кислота (5:4:1) струшують у ділильній лійці і після розділення використовують верхній шар суміші;

чашки Петрі;

проявник: нінгідрин у воднонасиченому н-бутиловому спирті, 0,25%-ний розчин.

Хід роботи

На стандартному листку хроматографічного паперу (11x11) (хроматографічний папір можна брати тільки за допомогою пінцета) вирізають смужку шириною 1 см ("хвостик") і вкорочують його до 1,5 см. Пробу досліджуваного розчину об'ємом 8-10 мкл у 2-3 прийома наносять у центр листка біля основи "хвостика", користуючись мікрошприцем. Після кожного нанесення проби плямі дають просохнути. Діаметр плями на листку не повинен перевищувати 3 мм. На дно чашки Петрі наливають 10-15 мл рухомої фази. Квадратний лист хроматографічного паперу з нанесеною пробой кладуть на чашку Петрі, опускаючи "хвостик", не перегинаючи його біля основи, в розчинник і накривають такою ж чашкою Петрі. Елюент по "хвостик" піднімається на лист і рухається по паперу радіально. Рух зон розділених речовин також відбувається радіально. Коли розчинник пройде 2/3 шляху до стінок чашки Петрі, хроматографування припиняють, хроматограму виймають і висушують у боксі під тягою. Для проявлення сухої хроматограму збризкують з пульверизатора проявником і підсушують.

Збризкувати треба так, щоб хроматограма стала лише вологою. Потім хроматограму обережно нагрівають над електроплиткою із закритою спіраллю до появи забарвлених плям у вигляді кілець. За тих же умов проводять хроматографування індивідуальних кислот. За значенням R_f проводять ідентифікацію компонентів досліджуваної суміші.

Питання для самоконтролю

1. Пластини для ТШХ.
2. Підготовка пластин до аналізу.
3. Хроматографування в закріпленому та незакріпленому шарі сорбенту.
4. Нанесення проб. Вимоги до процедури.
5. Камери для хроматографування.
6. Режими елюювання в ТШХ.
7. Способи виявлення речовин в ТШХ.
8. Методи кількісного ТШХ-аналізу.
9. Паперова хроматографія, особливості проведення аналізу.
10. Радіальна хроматографія.

[illegible]

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features approximately 28 evenly spaced horizontal blue lines across the entire page. There are no margins, text, or other markings present.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Розділення і ідентифікація катіонів методом радіальної хроматографії

Радіальна хроматографія на папері є простим і ефективним засобом ідентифікації іонів у багатокомпонентних сумішах. Знаючи R_f для відповідної системи розчинників і характерне забарвлення плям, можна ідентифікувати катіони.

Метод радіальної хроматографії може бути використаний для розділення суміші катіонів Al^{3+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} . Величина R_f мало залежить від концентрації HCl . Виняток складає кобальт, величина R_f якого коливається від 0,25 до 0,74 при зміні концентрації HCl від 2 М до 6 М. Розділення двох катіонів практично неможливо, якщо $R_{f(1)} - R_{f(2)} \leq 0,01$.

Результат ідентифікації іонів залежить від вибірковості й чутливості реагентів, що використовуються для проявлення хроматограми. Звичайно, використовують реагенти які утворюють із відповідними іонами забарвлені чи флуоресціюючі сполуки (таблиця 1).

Таблиця 1

Реагенти для проявлення елементів на хроматограмі

Еле- мент	Реагент	Колір зони
Al	Алізарин, пари аміаку	Рожевий
Ni	Диметилглюксим, пари аміаку	Червоний
Co	Калій роданід, насичений розчин	Синій
Cu (II)	Калій гексаціаноферат (II)	Буро-червоний

Pb	Калій йодид	Жовтий
Zn	Дитизон в CCl_4	Червоний
Cd	Натрій сульфат	Жовтий
Fe (III)	Калій гексаціаноферат (II)	Синій
Bi	Суміш 8-оксхіноліну і калій йодиду	Оранжевий

Реактиви і обладнання:

Ацетон $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$

Соляна кислота HCl , 2 М розчин

Стандартні розчини Ni, Co, Cu (II), Zn, Cd, Fe(III), Pb, Al, Bi (III), що містять 2 мг металу в 1 мл

Папір хроматографічний

Камери для розділення

Реагенти для проявлення катіонів

Хід роботи

Радіальну хроматограму отримують в камері, яка складається з двох кришок або двох основ чашок Петрі однакового діаметра, між якими поміщують паперовий диск трохи більшого діаметра (6,5 см або 5,5 см в залежності від розмірів камери). В нижню частину камери наливають суміш (9:1) ацетону і 2 М розчину HCl .

При хроматографуванні з “хвостиком” вирізають по радіусу паперового диску смугу завширшки 2-3 мм, загинають її перпендикулярно диску й опускають її в розчинник.

Нанесення зразка на паперовий диск. В центр паперового диска з “хвостиком” наносять краплю розчину, що аналізується, і підсушують отримана пляма над піщаною банею. Якщо концентрація іонів в розчині мала, то наносять на висушене пляма ще одну краплю розчину, що

аналізується, і знову висушують.

Отримання хроматограми. Поміщають диск в камеру, опустивши “хвостик” в розчинник. Час хроматографування складає близько 2 год. Висушують диск над піщаною банею.

Знаходження катіонів. Для знаходження катіонів використовують наступні реагенти: KNCS , $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, Na_2S , бензидин, диметилгліоксим, дифенілкарбазид. При проявленні хроматограми проводять капілярами з відповідними реагентами з центру диска по радіусу. Можна розрізати диск на сектори і опрацювати кожний сектор одним реагентом (рис.1).

Зверніть увагу, що при обробці розчином Na_2S кадмій проявляється у вигляді вузької чорної, а не жовтої смужки, очевидно, в наслідок співосадження домішок сульфідів інших катіонів. При відсутності кадмію смужка не проявляється. Крім того, підтвердженням присутності кадмію служить голуба смужка в секторі, який оброблений $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, і оранжева смужка в секторі, що оброблений KNCS , на концентричному кільці, яке належить кадмію.

Іон ртуті (II) проявляється на фронті розчинника при обробці дифенілкарбазидом у вигляді слабкої вузької фіолетової смужки. Іон міді знаходять по розмитій красно-бурій смужці, яка з'являється при обробці розчином $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$. Підтвердженням присутності міді є голуба смужка аміакату міді, чорна смужка сульфиду міді або дві вузькі смужки при обробці дифенілкарбазидом на концентричному кільці, що належить міді.

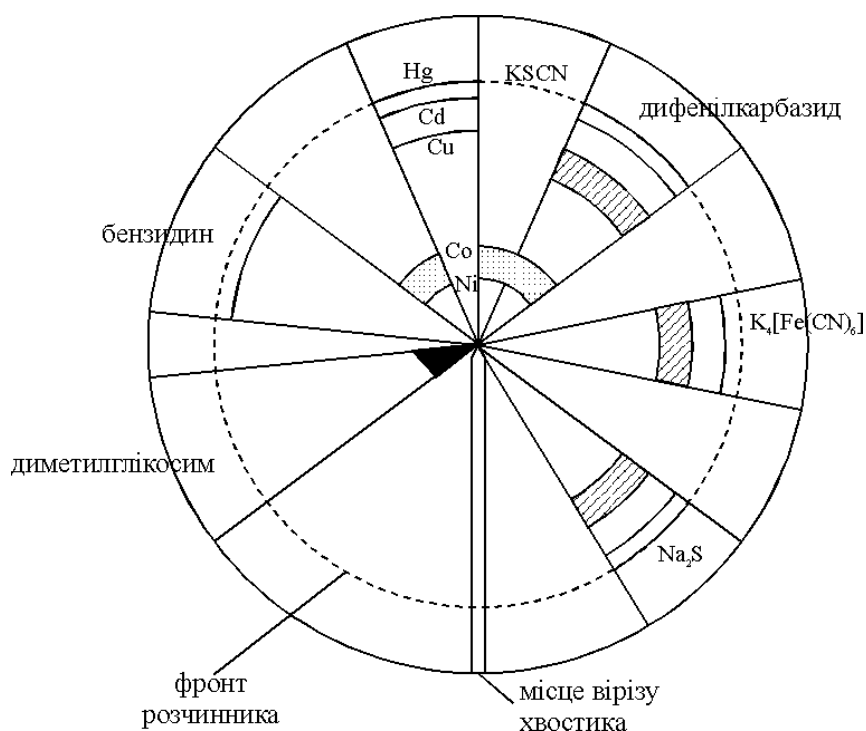


Рис. 1 Радіальна хроматограма

Питання для самоконтролю:

1. Основні типи адсорбентів, окремі представники та їх властивості.
2. Активність сорбенту, стандартизація сорбентів, критерії вибору сорбенту в РАХ.
3. Розчинники, що застосовують в РАХ: критерії вибору елюента.
4. Вплив природи речовини на сорбційну здатність на гідрофільних та гідрофобних сорбентах.
5. Рідинна розподільча хроматографія. Основи методу.
6. Критерії вибору системи фаз, носія нерухомої фази.
7. Вплив природи носія нерухомої фази на процес хроматографування.
8. Шляхи підвищення селективності розділення в умовах РАХ, РРХ.
9. Обладнання для колоночної хроматографії та способи наповнення колонок.
10. Способи виявлення речовин при хроматографуванні на колонці.

[illegible]

[illegible]

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Визначення обмінної ємності іонообмінника

Визначення статичної обмінної ємності іонообмінників.

Статичним методом визначають 1) повну обмінну ємність, яка визначається кількістю іоногенних груп, що входять в склад іонообмінної смоли, і являє собою постійну величину, що відповідає стану граничного насичення всіх здатних до іонного обміну іоногенних груп; 2) обмінну ємність за окремими однотипними групами, що відповідає граничному насиченню іоногенних груп тільки одного типу і також являє собою постійну величину; 3) рівноважну обмінну ємність, яка залежить від багатьох факторів, що визначають рівновагу, і являє собою змінну величину.

Найбільш поширеними іонообмінними реакціями, що лежать в основі методів визначення ємності статичним методом, є наступні:

Для катіонообмінників

1. $RH + NaOH \rightleftharpoons RNa + H_2O$
2. $2RH + CaCl_2 \rightleftharpoons R_2Ca + 2HCl$
3. $2RNa + CaCl_2 \rightleftharpoons R_2Ca + 2NaCl$

Для аніонообмінників

1. $R'OH + HCl \rightleftharpoons R'Cl + H_2O$
2. $R'OH + NaCl \rightleftharpoons R'Cl + NaOH$
3. $2R'Cl + Na_2SO_4 \rightleftharpoons R'_2SO_4 + 2NaCl$

За реакцією 1 визначають повну обмінну ємність, за реакцією 2- ємність за сильнокислотними (для катіонообмінника) і сильно основними (для аніонообмінника) групами; за реакцією 3- рівноважну обмінну ємність.

Визначення статичної обмінної ємності катіонообмінника.

Реактиви і прилади

Кальцій хлорид, 0,05 М розчин

Натрій гідроксид, 0,1 М розчин

Хлоридна кислота, 0,1 М розчин

Катіонообмінник в Н-формі

Методика. Дві наважки (по 1 г) попередньо підготовленого катіонообмінника з відомою вологістю поміщають в конічні колби ємністю 200 мл. Точність наважки до $\pm 0,01$ г. Потім в одну колбу поміщають 100 мл 0,05 М розчину кальцій хлориду, в другу – 100 мл 0,1 М розчину натрій гідроксиду, після чого колби закривають і залишають стояти приблизно на 10 год. Вміст колб періодично обережно перемішують. Потім із колб відбирають по 25 мл розчину і титрують в присутності метилового оранжевого

а) розчин кальцій хлориду – 0,1 М розчином NaOH;

б) розчин їдкого натру – 0,1 М розчином хлоридної кислоти.

Розрахунок проводять за формулами:

$$\text{COE}_{\text{NaOH}} = \frac{100M_{\text{NaOH}} - 4V_{\text{HCl}}M_{\text{HCl}}}{m}, [\text{мекв/г}],$$

де M_{HCl} – молярність HCl;

M_{NaOH} - молярність NaOH;

V_{HCl} – об'єм хлоридної кислоти, мл;

m – маса сухого катіонообмінника, г,

$$\text{COE}_{\text{CaCl}_2} = \frac{4M_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}}}{m}, [\text{мекв/г}],$$

де M_{NaOH} - молярність NaOH;

V_{NaOH} – об'єм розчину NaOH, мл;

m – маса сухого катіонообмінника, г.

Питання для самоконтролю

1. Класифікація хроматографічних методів.
2. Вихідна крива елюентного, фронтального та витіснювального аналізу; області застосування кожного методу.
3. Хроматографічний пік, характеристики утримування речовини.
4. Коефіцієнт ємності та його зв'язок з параметрами утримування досліджуваної речовини.
5. Селективність хроматографічної системи. Коефіцієнт селективності. Роздільна здатність R_s .
6. Вплив неспецифічних та специфічних взаємодій на селективність хроматографічного розділення.
7. Шляхи підвищення селективності хроматографічної системи.
8. Основні типи носіїв нерухомих фаз, вимоги до них та принципи відбору, вплив природи носія нерухомої фази на процес розділення у рідинно розподільчій хроматографії.
9. Вимоги до рідких нерухомих фаз та елюентів, критерії вибору системи фаз у рідинно розподільчій хроматографії.
10. Принципова схема рідинного хроматографа та його основні вузли.

[illegible]

[illegible]

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Визначення динамічної обмінної ємності (ДОЄ і ПДОЄ) катионообмінника

Ємність шару катионообмінника до проскоку – практична ємність шару катионообмінника (ДОЄ) – визначається кількістю іонів, що поглинаються колонкою при даних умовах. Ємність до проскоку може бути виражена в міліеквівалентах, мілімолях і міліграмах речовини, що поглинається 1 г іонообмінника чи 1 см³ його шару. Повна обмінна ємність іонообмінника в динамічних умовах виражається в тих же одиницях і відповідає повному насиченню іоногенних груп іонообмінника в даних умовах. ДОЄ завжди менше, чим ПДОЄ.

Реактиви і обладнання:

CuSO₄, 0,2 М розчин

H₂SO₄, 1 М розчин

KI, 20 % розчин

Натрій тіосульфат, 0,5 М розчин

Крохмаль, 1 % розчин

Натрій сульфід, кристалічний

Катионообмінники в Н-формі

Хроматографічна скляна колонка, 20×1 см

Хід роботи

Наважку повітряносухого катионообмінника (2,50 г) поміщають у хімічний стакан, заливають водою для набухання і залишають приблизно на 30 хвилин. Колонку закріплюють вертикально, приблизно на половину заповнюють дистильованою водою. Густу наважку додають порціями по скляній паличці і внутрішній стінці колонки, не чекаючи повного осадження

попередньої порції. При цьому рідина витікає з нижнього отвору колонки – кран відкритий. Після заповнення колонки іонообмінник промивають водою до припинення осідання шару. Потрібно слідкувати за тим, щоб рівень рідини в колонці не опускався нижче верхнього рівня сорбенту. Наявність пухирців повітря в колонці порушує однорідність потоку рідини і знижує ефективність використання іонообмінника.

Через підготовлену колонку пропускають 0,25 М розчин CuSO_4 із швидкістю 1 крапля в секунду. Розчин, що витікає з колонки, збирають порціями по 5 мл. В кожній порції елюату визначають вміст Cu^{2+} . Для цього розчин кількісно переносять у конічну колбу для титрування, додають 5 мл 1 М H_2SO_4 , 2 г KI (чи 10 мл 20 %-вого розчину KI) і титрують 0,1 М $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до жовтого забарвлення проби, далі додають 2-3 мл розчину крохмалю і продовжують титрувати до зникнення синього забарвлення.

Пропускання розчину CuSO_4 через колонку продовжують до тих пір, поки концентрація розчину, що витікає з колонки, (С) не стане практично рівною концентрації вихідного розчину (C_0).

Результати аналізу записують у формі таблиці:

№ колб и	Загальний об'єм елюату, мл	$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$, мл на 5 мл елюату	Знайдено Cu	
			В елюаті	В сорбенті
1.				
2.				
3..				

На основі даних таблиці вираховують вміст іонів міді, що були затримані катіонообмінником до проскоку (ДООЕ) і відповідно I_j повної насичення іоногенних груп в даних умовах (ПДООЕ), а також будують вихідну криву,

відкладаючи по осі ординат відношення C/C_0 , а по осі абсцис - загальний об'єм елюату (в мл). На графіку заштриховують площу, що відповідає ДОЄ і ПДОЄ.

Питання для самоконтролю

1. Механізм розділення речовин в умовах ІОХ.
2. Основні типи іонітів і їх властивості.
3. Вимоги до іонітів.
4. Ємність іоніту як основна його кількісна характеристика.
5. Класифікація іонітів по відношенню до рН рухомої фази.
6. Рухомі фази в ІОХ.
7. Фактори, що впливають на селективність розділення в умовах ІОХ.
8. Шляхи підвищення селективності хроматографічної системи в ІОХ.
9. Хелатні смоли.
10. Особливості застосування іонообмінників в умовах ВЕРХ.

[illegible]

[illegible]

ЛІТЕРАТУРА

1. Циганок Л.П., Бубель Т.О., Вишнікін А.Б., Вашкевич О.Ю. Аналітична хімія. Хімічні методи аналізу: навчальний посібник. За ред. проф. Л.П.Циганок. - Дніпропетровськ: ДНУ ім. О.Гончара, 2014. – 252 с.
2. Мінаєва В. О. Хроматографічний аналіз: підручник для студентів вищих навчальних закладів / В. О. Мінаєва. – Черкаси: ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 284 с.
3. Аналітична хімія: навчальний посібник / О.Ю.Кичкирук, А.В.Шляніна, Н.В.Кусяк – Житомир: Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 2022. – 242 с.
4. Семенишин Д.І. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу / Д.І. Семенишин, М.М. Ларук ; Нац. ун-т Львів. політехніка. – Л. : Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2015. – 148 с.

Навчально-методичне видання

Автори: Савчук Тетяна Іванівна,
Корольчук Світлана Іванівна

ХРОМАТОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ

*методичні рекомендації
до практичних робіт*

Друкується в авторській редакції

Формат 60x84 1 /16. Обсяг 3,02 ум. друк. арк., 2,96 обл.-вид. арк. Наклад 50 пр. Видавець і виготовлювач – Вежа-Друк (м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. (0332) 29-90-65). Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України ДК № 4607 від 30.08.2013 р.