

**СОРБЦІЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН
НА МЕЖІ ПОДІЛУ ФАЗ.
ІОННИЙ ОБМІН. ХРОМАТОГРАФІЯ**

*Методичні вказівки
для самостійної аудиторної та індивідуальної роботи
здобувачів освіти 1-го курсу спеціальностей
«Медицина» та «Педіатрія»*

Видання II, перероблене та доповнене

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
Харківський національний медичний університет

**СОРБЦІЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН
НА МЕЖІ ПОДІЛУ ФАЗ.
ІОННИЙ ОБМІН. ХРОМАТОГРАФІЯ**

*Методичні вказівки
для самостійної аудиторної та індивідуальної роботи
здобувачів освіти 1-го курсу спеціальностей
«Медицина» та «Педіатрія»*

Видання II, перероблене та доповнене

Затверджено Вченою радою ХНМУ
Протокол № 9 від 29.05.2025.

**Харків
ХНМУ
2025**

Сорбція біологічно-активних речовин на межі поділу фаз. Іонний обмін.
Хроматографія : метод. вказ. для здобувачів освіти 1-го курсу спеціальностей
«Медицина» та «Педіатрія» / упоряд. Г. О. Сирова, О. В. Савельєва,
Л. В. Лук'янова та ін. Вид. II, перероб. та доп. Харків : ХНМУ, 2025. 32 с.

Упорядники Г. О. Сирова
 О. В. Савельєва
 Л. В. Лук'янова
 С. М. Козуб
 Н. М. Чаленко
 О. В. Присяжний

1. Кількість годин – 4.

2. Матеріальне та методичне забезпечення теми.

I. Калькулятор.

II. Таблиці: графологічна структура теми, адсорбція із розчинів, хроматографічні колонки, розподільна хроматографія, хроматографічно-сорбційний аналіз

III. Обладнання та реактиви для проведення лабораторної роботи: активоване вугілля, розчини оцтової кислоти різної концентрації, розчин NaOH, бюретки, піпетки, хімічні стакани, конічні колби, паперові фільтри, індикатор фенолфталеїн.

IV. Мультимедійне забезпечення (презентація, відеолекція, навчальний фільм – алгоритми виконання дослідів лабораторної роботи).

V. Навчально-методична література:

1. Медична хімія : підручник / В. О. Калібабчук та ін. ; за ред. В. О. Калібабчук. 4-е вид., випр. Київ : ВСВ «Медицина», 2019. 336 с.

2. Медична хімія : навч. посіб. / Г. О. Сирова та ін.; за ред. Г. О. Сирової. Харків : Екограф, 2015. 202 с.

3. Медична хімія : навч. посіб. / І. В. Завгородній та ін. ; за ред. І. В. Завгороднього та Г. О. Сирової. Харків : Екограф, 2010. 268 с.

4. Робочий зошит з медичної хімії для самостійної роботи студентів 1-го курсу мед. та стоматол. фак-тів / упоряд. Г. О. Сирова та ін. Харків : ХНМУ, 2017. 68 с.

5. Відеолекція(<https://distance.knmu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=47719>)

3. Обґрунтування теми. Живі організми є системами з дуже розвиненими поверхнями поділу, якими є кожні покриви, поверхня стінок кровоносних судин, слизові оболонки, клітинні мембрани, мембрани ядер, мітохондрій, лізосом тощо. Так, наприклад, поверхня шкіри дорослої людини становить $1,5-1,6 \text{ м}^2$, площа поверхні еритроцитів усієї крові людини становить $2\ 500-3\ 800 \text{ м}^2$, площа поверхні капілярів печінки – близько 400 м^2 , площа поверхні альвеол – близько 1000 м^2 , поверхня скелета – близько $2\ 000 \text{ км}^2$. Відомо, що значна кількість життєво необхідних біохімічних процесів відбувається в організмі на поверхні біологічних мембран. Саме на поверхні поділу фаз відбуваються процеси обміну, синтезу, адсорбції, десорбції, ферментативні реакції тощо, які забезпечують життєдіяльність організмів. Усі поверхневі явища характеризуються малою енергією активації, а отже, біохімічні реакції відбуваються на поверхні поділу з великою швидкістю при температурі навколишнього середовища. Основна функція крові як переносника кисню від легенів до всіх тканин органів реалізується ефективно завдяки саме великій питомій поверхні еритроцитів, що дозволяє їм дуже швидко насичуватися киснем в легенях і також швидко звільнятися від надлишку вуглекислого газу. З тієї ж причини відбувається й швидке отруєння організму при вдиханні отруйних парів і газів. На поверхні еритроцитів адсорбуються також лікарські речовини, які потім зі струмом крові переносяться до органів і тканин. Саме тому для розуміння механізму перебігу поверхневих явищ необхідні знання основних закономірностей, яким вони підпорядковуються.

4. Мета заняття:

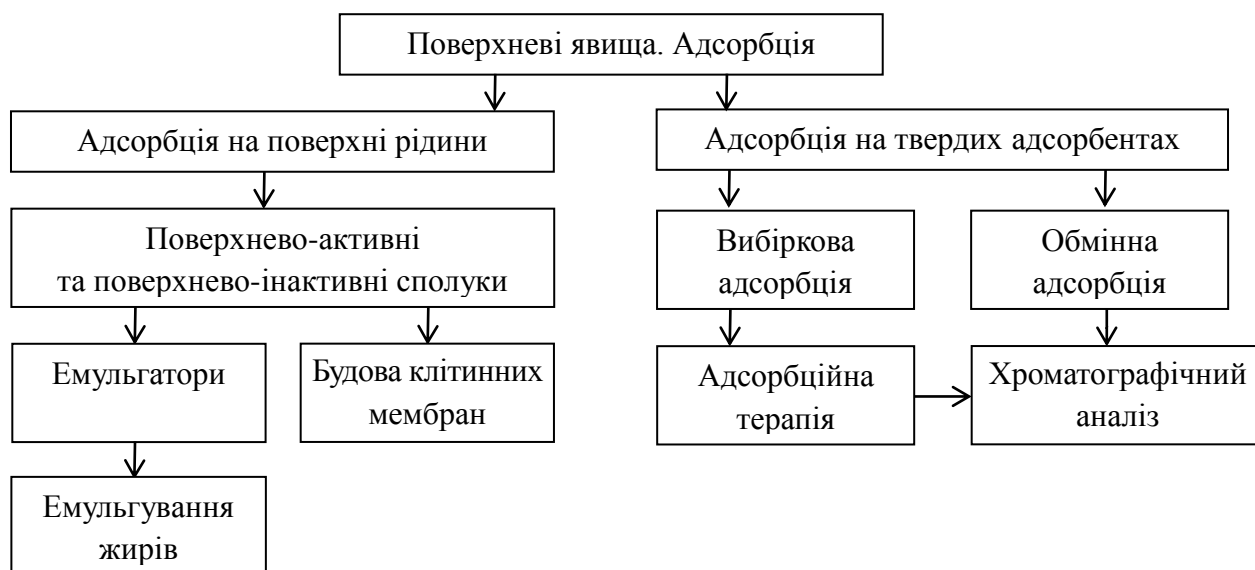
– загальна: навчитися інтерпретувати фізико-хімічні явища адсорбції у зв'язку з її біологічною функцією, а також знати особливості хроматографії як методу медико-біологічних досліджень;

– **конкретна:** робити висновки щодо поверхневої активності речовин на підставі їх будови, аналізувати рівняння адсорбції та межі їх використання, розрізняти мономолекулярну та полімолекулярну адсорбцію, інтерпретувати закономірності адсорбції речовин з розчинів на твердій поверхні, пояснювати фізико-хімічні основи методів адсорбційної терапії, розрізняти вибіркову та іонообмінну адсорбцію електролітів, інтерпретувати методи хроматографічного аналізу та їх роль в медико-біологічних дослідженнях;

а) **знати** поверхневі явища та їх значення в біології та медицині: поверхневий натяг рідин та розчинів; ізотерма поверхневого натягу; поверхнево-активні та поверхнево-неактивні речовини; поверхнева активність; правило Дюкло–Траубе; адсорбція на межі поділу рідина–газ та рідина–рідина; рівняння Гіббса; орієнтація молекул поверхнево-активних речовин у поверхневому шарі; уявлення про структуру біологічних мембран; адсорбція на межі поділу тверде тіло–газ; рівняння Ленгмюра; адсорбція з розчину на поверхні твердого тіла; фізична та хімічна адсорбція; закономірності адсорбції розчинених речовин, парів та газів; рівняння Фрейндліха; фізико-хімічні основи адсорбційної терапії (гемосорбція, плазмосорбція, лімфосорбція, ентеросорбція, аплікаційна терапія); імуносорбенти; адсорбція електролітів: специфічна (вибірні) та іонообмінна; правило Панета–Фаянса; іонообмінники природні та синтетичні; роль адсорбції та іонного обміну в процесах життєдіяльності рослин і організмів; хроматографія; класифікація хроматографічних методів аналізу за ознакою агрегатного стану фаз, техніки виконання та механізму розподілу; адсорбційна, іонообмінна та розподільна хроматографія; хроматографічні методи у медико-біологічних дослідженнях;

б) **вміти** оцінювати поверхневі властивості речовин, виходячи з будови їх молекул, вміти пояснювати поведінку біологічно активних речовин, виходячи з поверхневої активності, інтерпретувати використання адсорбентів для аналітичних і медичних цілей, вміти класифікувати хроматографічні методи аналізу за ознакою агрегатного стану фаз, техніки виконання та механізму розподілу, вміти використовувати хроматографічні методи аналізу у медико-біологічних дослідженнях.

5. Графологічна структури теми



6. Орієнтовна карта роботи студентів

№ з/п	Етапи	Час, хв	Навчальні й наочні засоби	Місце проведення
1	Мотиваційна характеристика та план теми. Відповіді на питання студентів	25	Навчальний посібник (робочий зошит)	Навчальна кімната
2	Вхідний контроль	20	Тести вхідного контролю	
3	Самостійна робота студентів із методичною літературою, вирішення навчальних завдань	60	Методичні вказівки для студентів, тексти лекцій, навчальний посібник для самостійної роботи студентів, довідкові дані, таблиці, калькулятор	
4	Виконання лабораторної роботи	35	Методичні вказівки для студентів, тексти лекцій, навчальний посібник для самостійної роботи студентів, довідкові дані, таблиці, калькулятор	
5	Вихідний контроль знань	25	Тести вихідного контролю, картки з ситуаційними завданнями, калькулятор	
6	Аналіз і підведення підсумків заняття	10		
7	Домашнє завдання	5		

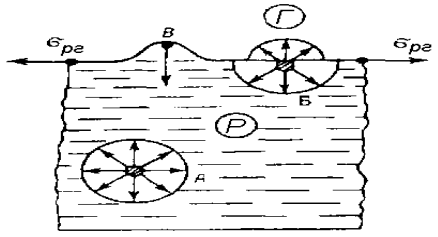
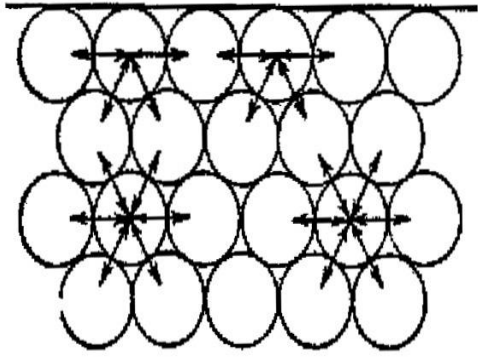
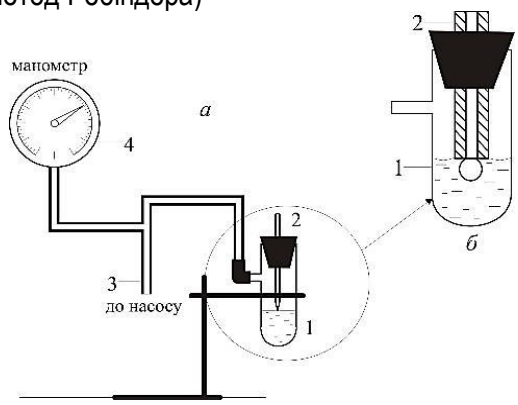
7. Завдання для самостійної роботи.

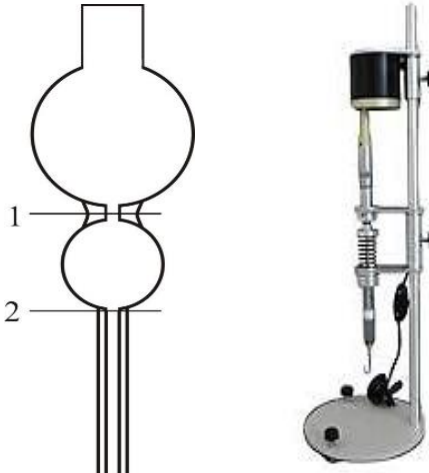
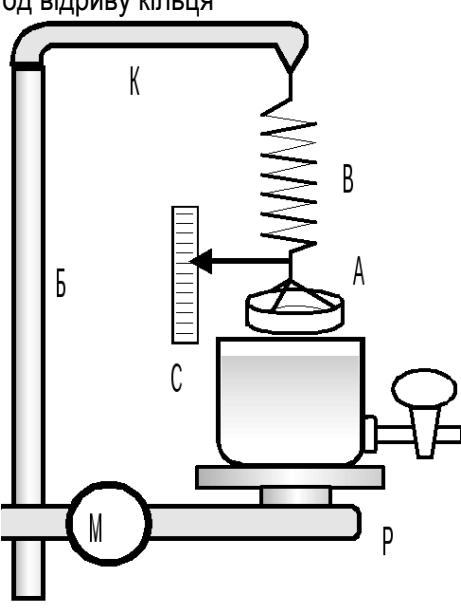
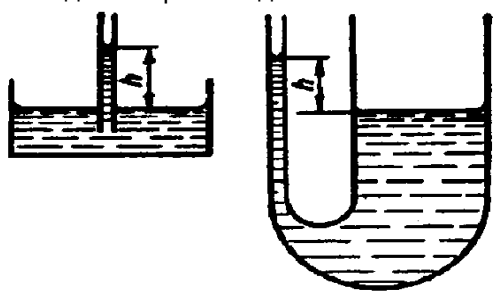
Перелік питань, що підлягають вивченню

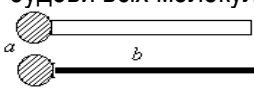
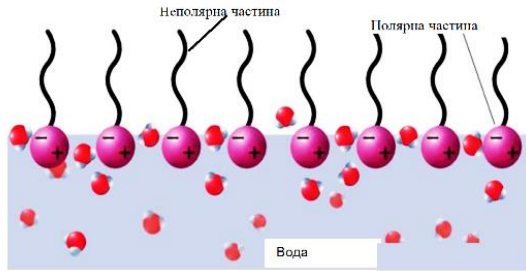
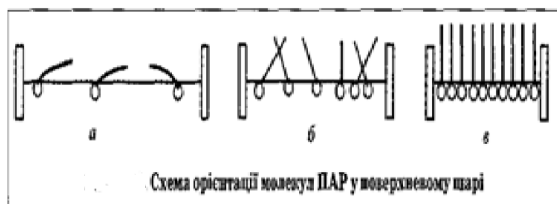
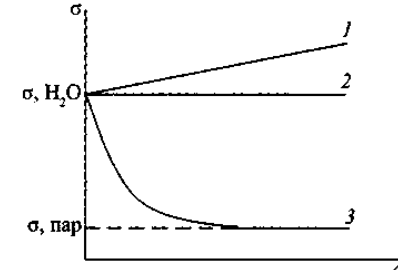
1. Поняття про поверхневу енергію та поверхневий натяг.
2. Поверхнево-активні (ПАР), поверхнево-неактивні (ПНР) та поверхнево-інактивні (ПІР) речовини. Поверхнева активність. Правило Дюкло–Траубе.
3. Орієнтація молекул ПАР у поверхневому шарі.
4. Адсорбція на межі поділу рідина–газ, рідина–рідина. Рівняння Гіббса. Ізотерма поверхневого натягу і адсорбції.
5. Адсорбція на поверхні твердих тіл. Рівняння Ленгмюра.
6. Сучасні уявлення про будову біологічних мембран.
7. Фізико-хімічні основи адсорбційної терапії.
8. Іонна адсорбція. Правило вибіркової адсорбції Панета–Фаянса. Типи іонів.
9. Біологічне значення вибіркової іонної адсорбції.
10. Хроматографія. Класифікація хроматографії за агрегатним станом та механізмом розділення фаз. Сутність методів хроматографії.
11. Хроматографія в біології та медицині.

Перелік робіт, що підлягають вивченню

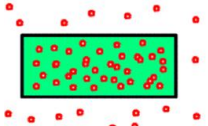
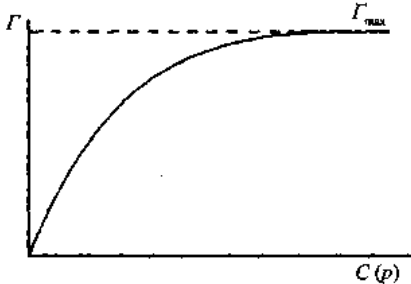
Термін	Визначення, формули, показники
Поверхневі явища	Особливі процеси, які відбуваються у гетерогенних системах на межі поділу фаз. Саме на поверхні поділу фаз відбуваються процеси обміну, синтезу, адсорбції, десорбції, ферментативні реакції тощо, які забезпечують життєдіяльність організмів
Класифікація за агрегатним станом контактуючих фаз на поверхні поділу	
Рухомі межі поділу	Рідина–газ (P/G), рідина–рідина (P/P)
Нерухомі межі поділу	Тверде тіло–газ (T/G), тверде тіло–рідина (T/P)
Причина поверхневих явищ	Різка відмінність властивостей граничного шару від властивостей всередині самої фази

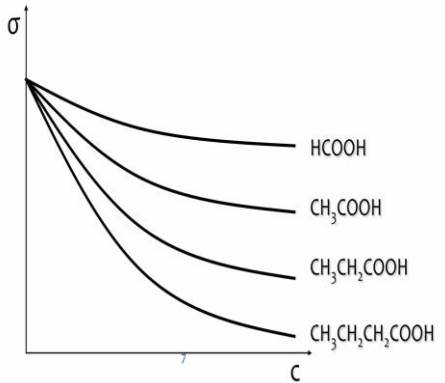
Термін	Визначення, формули, показники
<p>Вільна поверхнева енергія Гіббса G_S</p> 	<p>Нереалізована здатність (надлишок некомпенсованої енергії) всіх молекул поверхневого шару до взаємодії з боку однієї з фаз. Вільна поверхнева енергія, що припадає на одиницю площі поверхні:</p> $G_S = \sigma \cdot S,$ <p>де σ – поверхневий натяг; G_S – вільна поверхнева енергія; S – поверхня поділу фаз</p>
<p>Поверхневий натяг (σ)</p> 	<p>Відношення поверхневої енергії до площі поверхні поділу фаз. Це енергія Гіббса, що припадає на одиницю площі поверхні:</p> $\sigma = \frac{G_S}{S}, \text{ кДж/м}^2, \text{ Н/м},$ <p>де σ – поверхневий натяг; G_S – вільна поверхнева енергія; S – поверхня поділу фаз.</p> <p>Поверхневий натяг (σ) численно дорівнює роботі, яку необхідно виконати, щоб утворити одиницю поверхні.</p> <p>Поверхневий натяг можна визначити як роботу при оборотному ізотермічному процесі, яку треба виконати для збільшення поверхні поділу фаз на 1 м^2</p>
Методи визначення поверхневого натягу (σ)	
<p>Метод максимального тиску газового пухирця (метод Ребіндера)</p>  <p style="text-align: center;"><i>Схема установки Ребіндера для вимірювання поверхневого натягу (а) і схема занурення капіляра у рідину (б):</i></p> <p>1 – пробірка з розчином; 2 – капіляр; 3 – аспіратор; 4 – манометр</p>	<p>В основі методу лежить визначення тиску P, який необхідний для витискування пухирців газу з капіляра в рідину. Цей тиск залежить від поверхневого натягу рідини σ та радіусу капіляра r:</p> $P = \frac{2\sigma}{r} \quad \text{або} \quad \sigma = \frac{r}{2} P = kP.$ <p>Вимірявши тиск P_0 для стандартної рідини з відомим поверхневим натягом σ_0 (наприклад, для води) та тиск P для досліджуваної рідини, можна розрахувати її поверхневий натяг σ за співвідношенням</p> $\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{kP}{kP_0} \quad \text{або} \quad \sigma = \sigma_0 \frac{P}{P_0}.$ <p>Для визначення тисків P_0 та P через капіляр 2, що торкається поверхні досліджуваної рідини, за допомогою вакуумного насоса засмоктуються пухирці повітря, які при цьому долають опір рідини в капілярі. У момент відриву пухирця від кінця капіляру перепад тиску компенсує капілярний тиск рідини. Величину такого перепаду визначають за максимальним показанням манометра</p>
<p>Метод підрахунку крапель (сталагмометра)</p>	<p>Цей метод ще називається сталагмометричним, оскільки в ньому застосовують прилад, який має назву сталагмометр. Для визначення поверхневого натягу досліджувану рідину засмоктують у прилад вище верхньої мітки 1 і спостерігають за її витіканням. Коли меніск рідини опуститься до мітки 1, починають рахувати краплі. Підраховують до тих пір, поки меніск не дійде до нижньої мітки 2. Таким чином визначають число крапель, утворених при витіканні певного об'єму рідини, обмеженого двома мітками.</p>

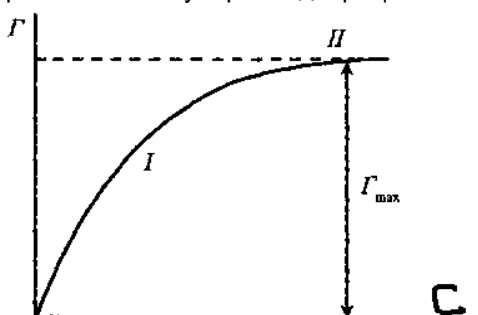
Термін	Визначення, формули, показники
 <p style="text-align: center;"><i>Сталагмометр</i></p>	<p>Об'єм краплі тим більший, а число крапель n тим менше, чим більше поверхневий натяг рідини σ та менше її густина ρ.</p> <p>За допомогою сталагмометра найчастіше проводять порівняльне визначення поверхневого натягу, тобто визначають σ досліджуваної рідини за відомим поверхневим натягом стандартної рідини σ_0. Зазвичай як стандартну рідину застосовують воду.</p> <p>За визначеним числом крапель для води n_0 та для досліджуваної рідини n, густиною обох рідин та поверхневим натягом води σ_0 розраховують поверхневий натяг досліджуваної рідини за формулою:</p> $\sigma = \sigma_0 \frac{n_0 \rho}{n \rho_0}$
<p>Метод відриву кільця</p>  <p style="text-align: center;"><i>Терези Жолі</i></p>	<p>Цим методом вимірюють силу відриву дротяного кільця від поверхні розділу «рідина–повітря».</p> <p>Установку для визначення коефіцієнта поверхневого натягу води методом відриву кільця зображено на рисунку (терези Жолі). Тонкостінне кільце A (виготовлене з матеріалу, що добре змочується досліджуваною рідиною), підвішується на пружині B. Підвіску кільця виконують таким чином, щоб його вісь була вертикальною. Пружина B прикріплена до кронштейна K, жорстко з'єданого зі штангою. Видовження пружини B (і тим самим силу її натягу) можна виміряти за міліметровою шкалою, якщо заздалегідь проградувати пружину.</p> <p>Підведемо знизу посудину з водою до кільця, яке нерухомо висить на пружині, так, щоби кільце злегка доторкнулося до поверхні води. При цьому вода почне підніматись по стінках кільця, а кільце трохи втягнеться всередину рідини. Цей ефект можна помітити при невеликому розтягненні пружини, у момент, коли кільце торкнеться поверхні води. Якщо після цього почнемо повільно опускати посудину з водою, пружина буде поступово розтягуватись, аж поки кільце A не відірветься від поверхні води. При цьому відбудеться розрив поверхневої плівки по обидві сторони контуру кільця. Поверхневий натяг розраховують за формулою:</p> $\sigma = \frac{F}{4 * \pi * r'}$ <p>де r – радіус кільця, м</p>
<p>Метод капілярного підняття</p> 	<p>Якщо занурити в воду частину капілярної скляної трубки, то в результаті змочування скляної поверхні утворюється увігнута поверхня (меніск).</p> <p>Поверхневий натяг розраховують за формулою:</p> $\sigma = \frac{h * r * \rho * g}{2},$ <p>де h – висота підняття рідини в капілярі, м; r – радіус капіляра, м; ρ – густина рідини, кг/м³; g – прискорення вільного падіння, м/с²</p>

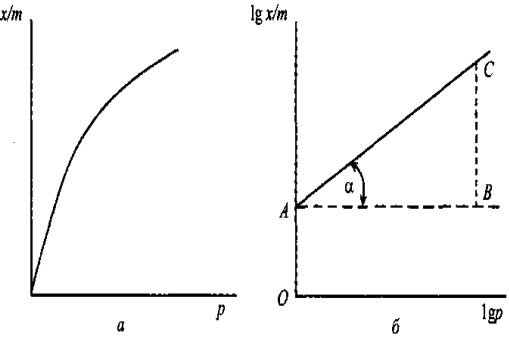
Термін	Визначення, формули, показники
Класифікація речовин за характером впливу на поверхневий натяг	
Поверхнево-активні речовини (ПАР)	<p>Це сполуки, які адсорбуються на поверхні розділу фаз і зменшують поверхневий натяг води.</p> <p>До поверхнево-активних належать органічні сполуки: жирні кислоти, солі жирних кислот (мило), сульфокислоти, спирти, аміни, білки</p>
Поверхнево-інактивні речовини (ПІР)	<p>Це сполуки, що збільшують поверхневий натяг.</p> <p>До поверхнево-інактивних належать неорганічні кислоти, луги, солі, сильно полярні органічні сполуки, такі як гліцерин)</p>
Поверхнево-неактивні речовини (ПНР)	<p>Це сполуки, що не змінюють поверхневий натяг розчинника, оскільки їх поверхнева й об'ємна концентрації однакові ($C_s=C_v$).</p> <p>Прикладом таких речовин є сахароза та інші вуглеводи, формиатна кислота $HCOOH$ (містить полярну групу, але не має вуглеводневого радикалу)</p>
<p>Особливості будови всіх молекул ПАР</p>  <p><i>a</i> – полярна частина, забезпечує її здатність до дисоціації; <i>b</i> – неполярна частина, має слабе силове поле</p>	<p>Американські вчені Ленгмюр і Гаркінс висунули припущення, що ПАР мають дифільну будову, тобто складаються з двох частин – полярної й неполярної.</p> <p>Неполярна частина (гідрофобна група) – вуглеводневий ланцюг, полярна частина (гідрофільна група) – функціональні групи, наприклад, $-OH$, $-COOH$, $-NH_2$, $-SO_3H$ та ін.</p>
<p>Орієнтація молекул ПАР у поверхневому шарі і як змінюватиметься при цьому поверхневий натяг</p>   <p>Схема орієнтації молекул ПАР у поверхневому шарі</p>	<p>При заповненні поверхні рідини частками ПАР вони розташовуються таким чином, що полярні групи дифільних молекул завдяки гідрофільності й здатності гідратуватися будуть занурені у воду, а вуглеводневі радикали розташовуються над водою, утворюючи так званий мономолекулярний частокіл (частокіл Ленгмюра).</p> <p>Якщо концентрація дифільних молекул ПАР невелика, то всі вони розміщуються на межі поділу так, що вуглеводневі радикали знаходяться на поверхні води і орієнтовані щодо неї під кутом, близьким до 10°. Таке розміщення можливе завдяки гнучкості вуглеводневого ланцюга (а, б). При збільшенні концентрації молекули ПАР набувають чіткішої орієнтації, за певної їх концентрації розміщуються чітко вертикально, утворюючи насичений мономолекулярний адсорбційний шар (в). Висновок про те, що в мономолекулярному поверхневому шарі вуглеводневі радикали ПАР орієнтовані вертикально, було підтверджено рентгенографічними дослідженнями</p>
<p>Ізотерма поверхневого натягу</p>  <p>Графічна залежність поверхневого натягу від концентрації розчиненої речовини при сталій температурі називається ізотермою поверхневого натягу</p>	<p>Графіки залежності σ від C називають ізотермою поверхневого натягу, вони можуть виглядати так, як на рисунку ліворуч. Для поверхнево-інактивних речовин зі збільшенням концентрації поверхневий натяг зростає (крива 1), для поверхнево-неактивних не змінюється (крива 2), а для поверхнево-активних – зменшується (крива 3).</p> <p>Аналіз ізотерм поверхневого натягу свідчить, що всі криві починаються з однієї точки, яка відповідає поверхневому натягу води. При додаванні до води перших порцій ПАР останні майже повністю розподіляються у поверхневому шарі і поверхневий натяг різко зменшується. Момент утворення насиченого мономолекулярного шару ПАР відповідає мінімуму поверхневого натягу</p>

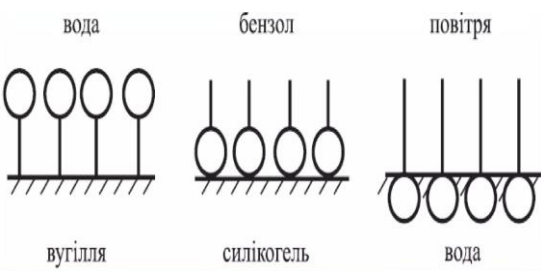
Термін	Визначення, формули, показники
<p>Будова клітинних мембран</p>  <p><i>I – схема розташування в мембрані ліпідів (1) і білків (2);</i> <i>II – рідинно-мозаїчна модель</i></p>	<p>Усі різноманітні мембранні структури загалом мають подібний хімічний склад і особливості організації. Товщина мембран залежно від їхнього типу варіює в досить широких межах – від 2–3 до 10 нм.</p> <p>Клітинні мембрани складаються з ліпідів, білків і вуглеводів. Молекули ліпідів розташовані у два шари: їхні гідрофільні «голівки» (ортофосфатні групи) обернені до зовнішнього та внутрішнього боку мембрани. А гідрофобні «хвости», що складаються з ланцюжків жирних кислот, обернені всередину. Основним функціональним компонентом біологічних мембран є білки. Окремі молекули білків розташовані або на зовнішній, або на внутрішній поверхні мембран, тому їх називають поверхневими. З такими білками, розташованими на внутрішньому боці мембрани, пов'язані мікронитки цитоскелета. Інші молекули білків заглиблені в товщу мембрани на різну глибину, їх називають внутрішніми. Особливі білкові молекули перетинають мембрану наскрізь, зв'язуючи зовнішню та внутрішню її поверхні. Вуглеводи входять до складу мембран виключно у вигляді комплексних сполук з молекулами білків або ліпідів.</p> <p>Така модель будови біологічних мембран дістала назву рідинно-мозаїчної. Назва пояснюється тим, що лише приблизно 30 % ліпідів мембран міцно пов'язані зі внутрішніми білками в єдині комплексні сполуки, тоді як решта ліпідів перебувають у рідкому стані. Тому білково-ліпідні комплекси наче «вкраплені» в рідку ліпідну масу, нагадуючи мозаїку. Молекули білків або їхні частини часто сполучені мікроскопічними каналцями.</p> <p>Молекули, які входять до складу мембран, здатні до переміщень. Завдяки цьому мембрани швидко оновлюються за незначних пошкоджень, оточуючи оголені ділянки цитоплазми. Плазматичні мембрани можуть легко зливатися одна з одною, розтягуватися та стискатися, наприклад, під час змін форми або руху клітин. Плазматична мембрана може утворювати вирости, вгини, зморшки, мікрворсинки, які набагато збільшують поверхню клітини. Можливі й перебудови хімічного складу біологічних мембран, унаслідок чого їхні властивості також змінюються.</p> <p>Клітина не витрачає багато енергії на збереження цілісності своєї мембрани, адже її молекули з'єднані за принципом, за яким утримуються разом молекули жиру – згідно з законами термодинаміки, гідрофобним частинам молекул «вигідніше» розташовуватися близько одна до одної</p>
<p>Адсорбція</p> 	<p>Поверхнєве поглинання, при якому поглинається речовина, яка не поширюється вглиб поглинаючого тіла, а лише концентрується на його поверхні</p>

Термін	Визначення, формули, показники
Абсорбція 	Об'ємне поглинання, при якому процес поглинання газу або рідини починається з поверхні тіла, а потім поширюється по всьому його об'єму
Сорбція	Явище поглинання однієї сполуки іншою
Десорбція	Процес, зворотний адсорбції
Сорбент (адсорбент, абсорбент)	Речовина, яка поглинає іншу речовину
Сорбтив або сорбат	Речовина, яка поглинається
Поверхнева активність	Здатність речовини знижувати поверхневий натяг на межі розподілу фаз в результаті адсорбції
Рівняння адсорбції Гіббса  Загальний вигляд ізотерми адсорбції	На сьогодні ще не розроблено надійних методів визначення надлишку розчиненої речовини у поверхневому шарі, проте можна експериментально точно виміряти поверхневий натяг розчинів ПАР різних концентрацій, а потім обчислити величину адсорбції за рівнянням Гіббса (1878): $\Gamma = - \frac{C}{RT} \frac{\Delta\sigma}{\Delta c}$ де: Γ – величина адсорбції розчиненої речовини, моль/м ² ; C – загальна концентрація розчину, моль/м ³ ; R – газова стала; T – абсолютна температура, К; $-\frac{\Delta\sigma}{\Delta c}$ – поверхнева активність. Рівняння Гіббса є математичним обґрунтуванням загального правила: речовина, яка зменшує поверхневий натяг, концентрується у поверхневому шарі
Види адсорбції	
Позитивна адсорбція	У розчинах поверхнево-активних речовин взаємодія між молекулами ПАР та диполями води слабша, ніж між молекулами розчинника, тому молекули ПАР виштовхуються з об'єму розчину в поверхневий шар ($\Gamma > 0$)
Негативна адсорбція	Поверхнево-неактивні речовини зазвичай добре розчинні у воді і взаємодія їх із розчинником сильніша, ніж між молекулами розчинника, тому вони прагнуть йти з поверхні в глибину розчину ($\Gamma < 0$)
Фізична адсорбція	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обумовлена фізичними силами взаємодії між молекулами адсорбату і адсорбенту (силами Ван-дер-Ваальса). 2. З підвищенням температури часто зменшується (десорбція вище адсорбції). 3. Мало специфічна, слабо залежить від природи адсорбату. 4. Зворотний характер (адсорбція–десорбція). 5. Нелокалізована (молекули адсорбату здатні переміщатися по поверхні адсорбенту)
Хімічна адсорбція	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обумовлена утворенням хімічного зв'язку, що виникає між адсорбатом і адсорбентом. 2. Підвищення температури сприяє збільшенню хемоадсорбції. 3. Дуже специфічна. 4. Зазвичай незворотна. 5. Локалізована (молекулярна адсорбція з адсорбентом для хімічної хімії).

Термін	Визначення, формули, показники
	<p>Прикладом хемосорбції є реакція у протигазах із використанням адсорбенту – активованого вугілля: отруйний газ фосген COCl_2, проходячи крізь шар активованого вугілля, розкладається з утворенням нетоксичних сполук за рівнянням: $\text{COCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{HCl}$</p>
<p>Правило Дюкло–Траубе</p> 	<p>Біолог П. Дюкло та фізіолог Л. Траубе (1831) сформулювали таке правило: у певному гомологічному ряду (жирних кислот, спиртів та інших дифільних сполук) у водних розчинах однакової концентрації зі збільшенням довжини вуглеводневого радикалу на одну групу $-\text{CH}_2-$ поверхнева активність збільшується у 3–3,5 рази, тобто</p> $\frac{G_{n+1}}{G_n} = \beta \approx 3-3,5,$ <p>де G – поверхнева активність; n – число груп $-\text{CH}_2-$; β – коефіцієнт Траубе.</p> <p>Правило Дюкло–Траубе найточніше виконується за низьких концентрацій розчинених речовин. Із нього випливає важливий висновок: площа, яка припадає на одну молекулу максимально насиченого ПАР адсорбційного шару, залишається сталою в межах гомологічного ряду. Наприклад, для спиртів вона становить $0,25 \text{ нм}^2$ ($0,25 \cdot 10^{-18} \text{ м}^2$), для кислот – $0,205 \text{ нм}^2$ ($0,205 \cdot 10^{-18} \text{ м}^2$). Згідно з правилом Дюкло–Траубе змінюється аналгетична та наркотична дія відповідних лікарських препаратів</p>
<p>Адсорбція на межі поділу тверде тіло–газ</p>	<p>Межі поділу між твердим тілом і газом та твердим тілом і розчином належать до нерухомих меж поділу фаз. Усі випадки вбирання газів і парів твердими тілами називають сорбцією. Якщо цей процес відбувається тільки на поверхні, його називають адсорбцією. Якщо речовина, що вбирається поверхнею, дифундує всередину поглинаючої речовини і розподіляється по її об'єму, таке явище називають абсорбцією.</p> <p>Тверде тіло, на поверхні якого відбувається адсорбція, прийнято називати адсорбентом, а речовину, що адсорбується, – адсорбтивом. Речовину в адсорбованому стані називають адсорбатом.</p> <p>Тверді адсорбенти – це природні і штучні матеріали з великою зовнішньою і внутрішньою поверхнями, на яких відбувається процес адсорбції. Не пористі адсорбенти (порошкоподібні речовини) мають значну зовнішню поверхню, а пористі (силікагель, активоване вугілля, алюмогелі тощо) – внутрішню за рахунок величезної кількості мікропор. Слід зауважити, що поверхня адсорбенту неоднорідна і адсорбція відбувається лише на окремих «активних центрах». Важливою характеристикою адсорбентів є їх питома поверхня.</p> <p>Величину адсорбції визначають за співвідношенням числа молекул n адсорбату до одиниці площі поверхні S (м^2), або маси m (кг) адсорбенту:</p> $\Gamma = \frac{n}{S} \text{ [моль/м}^2\text{]}; \Gamma = \frac{n}{m} \text{ [моль/кг]}.$

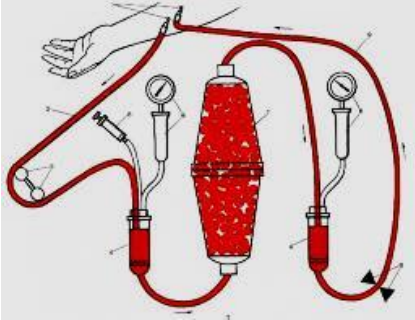

Термін	Визначення, формули, показники
<p>Чинники, що впливають на адсорбцію газів на нерухомій поверхні</p>	<p>1. Тиск газу p над поверхнею твердого адсорбенту Залежність адсорбції газу від тиску виражають ізотермою адсорбції. Адсорбція досягає максимального граничного значення, коли вся поверхня адсорбційних центрів буде зайнята молекулами адсорбату й утвориться насичений мономолекулярний шар.</p> <p>2. Температура З підвищенням температури фізична адсорбція зменшується, а хімічна зростає.</p> <p>3. Природа газу Газ тим краще адсорбується, чим легше він зріджується і чим вища його критична температура</p> <p>4. Природа адсорбенту та його питома поверхня Питома поверхню адсорбенту $S_{\text{пит}}$ виражають відношенням поверхні поділу фаз S до одиниці маси адсорбенту m:</p> $S_{\text{пит}} = \frac{S}{m}.$ <p>У пористих адсорбентах $S_{\text{пит}}$ зростає як внаслідок збільшення дисперсності, так і за рахунок площі поверхні. Наприклад, у непористій речовини (цукрової пудри) та пористої (активованого вугілля) питома поверхня відповідно становить $5 \times 10^2 \text{ м}^2/\text{кг}$ і $5 \times 10^5 \text{ м}^2/\text{кг}$, тобто у пористого адсорбенту вона більша в тисячу разів. Площа поверхні однієї таблетки активованого вугілля (0,25 г) досягає 125 м^2, тому його використовують у медичній практиці як ефективний адсорбуючий засіб. З метою активації деревне або тваринне вугілля піддають обробці <i>перегрітою водяною паром</i> (при $100 \text{ }^\circ\text{C}$). При цьому пори очищаються від смолистих речовин, внутрішня поверхня значно збільшується і тому зростає адсорбційна здатність</p>
<p>Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра</p>  <p>Загальний вигляд ізотерми адсорбції Ленгмюра</p>	<p>Адсорбція газу на твердій поверхні є найпростішим випадком адсорбції. Для характеристики цього процесу американський учений І. Ленгмюр запропонував <i>теорію мономолекулярної адсорбції</i>, основні положення якої такі.</p> <ol style="list-style-type: none"> Адсорбція має локалізований характер, тобто молекули адсорбату не можуть переміщатися поверхнею адсорбенту, між адсорбованими молекулами і поверхневим шаром відсутня будь-яка взаємодія. Адсорбція молекул адсорбтиву відбувається на <i>активних (адсорбційних) центрах</i> твердої поверхні. Кожен такий центр адсорбує лише одну молекулу адсорбтиву, тому на поверхні адсорбенту утворюється лише мономолекулярний шар адсорбату. Адсорбовані молекули постійно десорбуються і перебувають в адсорбованому стані мільйонні частки секунди. Між процесом адсорбції й десорбції встановлюється адсорбційна рівновага, внаслідок якої розподіл молекул газу між поверхнею та об'ємом залишається сталим.



Термін	Визначення, формули, показники
	<p>Кількість адсорбованої речовини Γ залежить від тиску газу і температури. Найчастіше досліджують залежність адсорбції від тиску за сталої температури (ізотерму адсорбції). На основі експериментальних даних Ленгмюр запропонував <i>рівняння ізотерми адсорбції</i>:</p> $\Gamma = \Gamma_{\max} \frac{C}{C + K},$ <p>де Γ – кількість адсорбованої речовини (моль/г адсорбенту); Γ_{\max} – максимальна адсорбція, коли всі активні центри адсорбенту зайняті адсорбованою речовиною; C – концентрація адсорбтиву після встановлення рівноваги; K – коефіцієнт адсорбції</p>
Адсорбція на межі поділу тверде тіло–розчин	Адсорбція речовин із розчинів на твердих адсорбентах має велике практичне значення: її широко застосовують у промисловості для очищення газів, питної води та стічних вод, повітря, цукру від забруднень, а також у медичній практиці для очищення організму від чужорідних речовин (отрут, токсинів, великих доз сильнодіючих лікарських препаратів) тощо
<p>Особливості адсорбції на межі поділу тверде тіло–розчин. Рівняння Фрейндліха</p>  <p>Ізотерма адсорбції (а) та визначення констант рівняння Фрейндліха (б)</p> <p>Константа α залежить від властивостей адсорбенту, адсорбату і температури і має назву <i>питомої адсорбції</i>, тобто вона численно дорівнює адсорбції за рівноважної концентрації 1 моль/дм³</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. На поверхні адсорбенту поряд з адсорбцією розчиненої речовини відбувається адсорбція розчинника, тобто молекули розчинника конкурують із молекулами розчиненої речовини за адсорбційні центри на поверхні твердого тіла. Тому можливі два види адсорбції з розчинів: <i>позитивна</i>, коли молекули розчиненої речовини адсорбуються краще за молекули розчинника, і <i>негативна</i>, коли молекули розчинника адсорбуються краще за молекули розчиненої речовини. 2. Адсорбція з розчинів відбувається повільніше за адсорбцію газів. 3. З підвищенням температури розчину адсорбція зменшується. 4. Залежність адсорбції речовин (газоподібних або твердих) від їх концентрації у розчині описують <i>емпіричним рівнянням Фрейндліха</i>: $\frac{x}{m} = k p^n, \text{ або } \frac{x}{m} = k C^n$ <p>де x – кількість речовини адсорбтиву, моль; m – маса адсорбенту; p – рівноважний тиск; C – рівноважна концентрація; k і $1/n$ – емпіричні константи.</p> <p>Наведене рівняння доводить, що чим вищий тиск або концентрація розчиненої речовини, тим більша кількість речовини адсорбується на поверхні адсорбенту, але пропорційність має не прямий, а експоненціальний характер</p>
Залежність адсорбції від природи адсорбованих частинок	Розчинена речовина може знаходитись у розчині у вигляді молекул (неелектроліти, слабкі електроліти) або іонів (сильні електроліти), тому залежно від природи адсорбованих частинок на твердій поверхні розрізняють адсорбцію <i>молекулярну</i> та <i>іонну</i>


Термін	Визначення, формули, показники
Молекулярна адсорбція	Це адсорбція неелектролітів, коли речовина адсорбується в молекулярному стані
<p>Особливості молекулярної адсорбції</p> 	<p>1. Адсорбція – вибірковий процес, який залежить від полярності адсорбенту. Доведено, що на полярних адсорбентах краще адсорбуються полярні речовини, а на неполярних – неполярні. Наприклад, на поверхні полярного адсорбенту силікагелю SiO_2 легко адсорбуються спирти, вода, аміни тощо, а на неполярному вугіллі – неполярні органічні речовини, причому чим більша молярна маса адсорбтиву, тим інтенсивніше відбувається адсорбція.</p> <p>2. Важливу роль у процесі адсорбції речовин з розчинів відіграє полярність розчинника, мірою якої є діелектрична проникність. Акад. П. Ребіндер сформулював правило вирівнювання полярностей: на полярних адсорбентах краще адсорбуються полярні речовини із неполярних або малополярних розчинників, а на неполярних – неполярні речовини із полярних розчинників.</p> <p>3. Отже, процес адсорбції відбувається у бік вирівнювання полярностей фаз, причому, чим більша різниця полярностей, тим швидше відбувається цей процес</p>
Правило вирівнювання полярності фаз (правило Ребіндера)	<p>1. Розчинена речовина тим краще адсорбується, чим більша різниця полярностей між нею та розчинником.</p> <p>2. ПАР з водних розчинів добре адсорбуються на гідрофобних поверхнях, а з неполярних чи малополярних розчинників – на гідрофільних</p>
Застосування молекулярної адсорбції	<p>Поширене в різних галузях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – очищення стічних вод; – цукрових, олійно-жирових та інших продуктових розчинах; – нафтопродуктах; – вилучення у малих дозах рідких і важких металів. <p>У фармацевтичній промисловості молекулярну адсорбцію широко застосовують для очищення анестезуючих речовин, видалення та очищення вітамінів, антибіотиків тощо. Адсорбенти використовують для стандартизації та ідентифікації лікарських засобів та вихідної речовини. Адсорбційні процеси відіграють важливу роль у живих організмах. Дія біокатализатора починається з адсорбції субстрату на поверхні ферментного комплексу, після чого фермент проявляє специфічну каталітичну дію. Адсорбційним закріпленням ферментів на твердому носії одержують «імобілізовані» ферменти, які використовують у фармацевтичній промисловості</p>
Адсорбція електролітів із розчинів	Адсорбція сильних електролітів із розчинів істотно відрізняється від молекулярної адсорбції, адже електроліти в розчинах знаходяться у вигляді іонів, які при цьому зазвичай адсорбуються на полярних адсорбентах
Іонна адсорбція	Це хімічна взаємодія між іонами розчиненої речовини і твердою поверхнею адсорбенту. Проте енергії утвореного нового хімічного зв'язку недостатньо для того, щоб відірвати поверхневі атоми адсорбенту. Тому зв'язок нової сполуки з твердим сорбентом зберігається. Особливістю

Термін	Визначення, формули, показники						
Приклади ліотропних рядів Гофмейстера	<p>За здатністю до адсорбції іони розташовують у ряди: $Li^+ < Na^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+$ — для однозарядних катіонів; $Be^{2+} < Mg^{2+} < Ca^{2+} < Ba^{2+}$ — для двозарядних катіонів; $SCN^- > I^- > NO_2^- > Br^- > Cl^- > F^-$ — для однозарядних аніонів.</p> <p>Таким чином, при однаковому заряді іонів їх адсорбційна здатність зростає відповідно до їх розміру. Для іонів, які мають різні заряди, адсорбція збільшується залежно від того, чим сильніше електричне поле вони створюють, тобто, чим більший їх заряд за подібних розмірів. Наприклад: $K^+ < Ca^{2+} < Al^{3+} < Th^{4+};$ $Cr^{2+} < Cr^{3+} < Cr^{6+}$</p>						
Іонообмінна адсорбція	<p>Це процес еквівалентного обміну однойменно зарядженими іонами між адсорбентом і розчином. При цьому тверда поверхня адсорбенту поглинає з розчину катіони або аніони, а замість них віддає у розчин еквівалентну кількість інших іонів того самого знака, тому цей процес може бути описаний стехіометричним рівнянням. Адсорбенти, на поверхні яких відбувається процес еквівалентного обміну, називають іонообмінниками</p>						
Іонообмінники	<p>Іонообмінники не розчинні ні у воді, ні в кислотах, ні в лугах. За походженням вони бувають неорганічні та органічні, природні (глина, ґрунт, цеоліти та інші мінерали) та синтетичні (іоніти), серед яких найчастіше використовують іонообмінні смоли – високомолекулярні сполуки, на полімерній матриці яких розміщені ковалентно зв'язані іоногенні групи.</p> <p>Функціональні властивості іонітів зумовлені природою іоногенних груп, і за цією ознакою іоніти поділяють на катіоніти, аніоніти та амфоліти.</p> <p>Незалежно від умов, амфоліти здатні до обміну як катіонами, так і аніонами</p>						
Катіоніти	<p>Катіоніт можна розглядати, як високомолекулярний полівалентний аніон (R^n), відокремлений поверхнею поділу від середовища, що його оточує. Такий полівалентний аніон містить на поверхні велику кількість іонів гідрогену, які здатні обмінюватися на катіони, що знаходяться в рідині.</p> <p>Тому катіоніт можна умовно записати так: $R^n \cdot (nH^+)$.</p> <p>Сильнокислотні катіоніти містять залишки сульфатної, фосфатної та інших сильних кислот.</p> <p>Слабокислотні в своєму складі містять карбоксильні групи – COOH, сульфогрупу – SO₃H та інші групи, що слабо дисоціюють.</p> <p>На поверхні катіонітів відбувається катіонний обмін, який загалом можна зобразити таким рівнянням: $R^{n-} \cdot (nH^+) + Me^{n+} An^{n-} \rightarrow R^{n-} Me^{n+} + (H^+)_n An^{n-}$</p>						
Приклади катіонітів	<p>Катіонообмінні</p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="border: none;">$(-CH_2-CH_2-)_n$</td> <td style="border: none;">$(-CH_2-CH_2-)_n$</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> </td> <td style="border: none;"> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">COOH</td> <td style="border: none;">PO₃H₂</td> </tr> </table> <p>Поліакрилова Полімер вінілфосфатної кислоти</p>	$(-CH_2-CH_2-)_n$	$(-CH_2-CH_2-)_n$			COOH	PO ₃ H ₂
$(-CH_2-CH_2-)_n$	$(-CH_2-CH_2-)_n$						
COOH	PO ₃ H ₂						

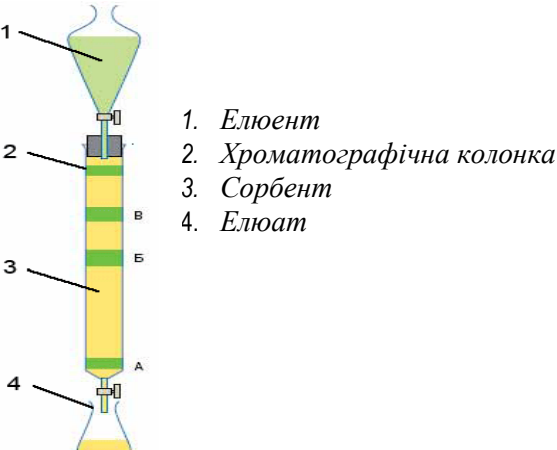
Термін	Визначення, формули, показники
Аніоніти	<p>Аніоніти можна розглядати як високомолекулярний полівалентний катіон, протиіонами якого є гідроксид-іони OH^-; здатні до обміну на аніони розчину, наприклад: $\text{R}^{n+}(\text{nOH}^-)$. Іоногенними групами сильноосновних аніонітів є амонієві основи, а слабоосновних – аміногрупи різного ступеня заміщення ($-\text{NH}_2$, $=\text{NH}$, $=\text{N}-$) та залишки інших органічних основ.</p> <p>Схему аніонного обміну, який відбувається на поверхні аніоніту, можна зобразити так:</p> $\text{R}^{n+}(\text{nOH}^-) + \text{Me}^{n+} \text{An}^{n-} \rightarrow \text{R}^{n+} \text{An}^{n-} + \text{Me}^{n+} (\text{OH}^-)_n$ $\left[\begin{array}{c} \text{R}-\overset{+}{\text{N}}-\text{R} \\ \\ \text{R} \end{array} \right] \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \left[\begin{array}{c} \text{R}-\overset{+}{\text{N}}-\text{R} \\ \\ \text{R} \end{array} \right] \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
Приклади аніонітів	<p>Аніонообмінні</p> $\left(\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \\ \\ \text{NR}_2 \end{array} \right)_n$ <p>Поліамін R=H; CH₃; C₂H₅</p>
Амфотерні іоніти (амфоліти)	<p>Залежно від рН розчину амфоліти дисоціюють як кислотні або основні іоніти відповідно до принципу Ле Шательє (на практиці не знайшли широкого застосування). Перед сорбцією амфоліти набрякають за рахунок сольватації гідрофільних груп іонітів у полярних рідинах, що призводить до дисоціації іоногенних груп внаслідок ослаблення іонного зв'язку. Тому набрякла смола здатна вступати в реакції обміну іонами з розчинами електролітів</p>
Біологічна роль іонного обміну	<p>З обміном іонів пов'язана більшість процесів у живих системах. Іонообмінні властивості мають структурні елементи клітин: ядра, мітохондрії, мембрани, мікосоми та ін. Отже, можна вважати, що організми побудовані з іонітів. Найпростіший іонний обмін виявляється також у дії ферментів та біологічних мембран.</p> <p>Властивості іонітів мають тканини рослин і тварин. Їх катіонообмінні властивості визначаються наявністю карбоксильних та фосфатних груп, а здатність обмінюватися аніонами – аміногрупами білків.</p> <p>Іоніти використовують також як каталізатори деяких реакцій, для очищення стічних вод, наприклад, демінералізації води:</p> <p>Катіоніт $\text{H}_2 + \text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Катіоніт Mg}^+ + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ Ааніоніт $(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Ааніоніт SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Також іоніти використовують в іонообмінній хроматографії для виділення та очищення амінокислот.</p> <p>Катіоніти застосовують у медичній практиці для консервування крові, наприклад, декальцинування (консервації) донорської крові:</p> $[\text{Пермутит} - \text{Na}_2] + \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^- \leftrightarrow [\text{Пермутит} - \text{Ca}] + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^-$ <p>Багато іонітів використовують при отруєннях іонами важких металів (Pb^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+} та ін.).</p> <p>Катіоніти призначають, як антацидні засоби при ацидозах, для лікування набряків, пов'язаних із декомпенсацією серцевої діяльності, та запобігання їм.</p> <p>За допомогою іонообмінників виготовляють дитяче харчування – іонітне молоко</p>

Термін	Визначення, формули, показники
Фізико-хімічні основи адсорбційної терапії	<p>Значну кількість захворювань у людей спричиняють чужорідні для організму сполуки <i>екзогенного</i> (промислові забруднення, пестициди, препарати побутової хімії, лікарські засоби тощо) та <i>ендогенного</i> (утворюються і накопичуються в організмі, наприклад, при опіках, променевої хвороби) <i>походження</i>. Новий напрямок медицини, який ґрунтується не на введенні ліків в організм, а на виведенні з нього шкідливих і токсичних речовин, називають <i>адсорбційною</i> або <i>еферентною медициною</i>. Головним завданням методів еферентної медицини є моделювання природних методів детоксикації.</p> <p>Залежно від конкретної мети, сорбційну детоксикацію можна здійснювати методами <i>гемосорбції, плазмосорбції, лімфосорбції, лікворосорбції, ентеросорбції, аплікаційної сорбції</i></p>
Гемосорбція 	<p>Принцип <i>гемосорбції</i> полягає у пропусканні крові через колонку з адсорбентом, яка підключена до системи циркуляції крові. У медичній практиці цей метод часто називають <i>гемо перфузією</i> і застосовують при нирковій та печінковій недостатності, екзогенних та ендогенних отруєннях снодійними препаратами, нейролептиками, фосфорорганічними сполуками та ін., аутоімунних та алергійних захворюваннях тощо. Для широкого застосування гемосорбції потрібно вирішити проблему створення відповідних <i>гемосорбентів</i> з високою селективністю, які не змінюють реологічних характеристик крові, є хімічно стійкими, виявляють високу адсорбційну здатність стосовно того чи іншого токсину</p>
Плазмосорбція  <i>Апарат для плазмозаміни</i>	<p>Суть плазмосорбції – пропускання плазми крові, попередньо відокремленої від формених елементів, через колонку із сорбентом. Цей метод застосовують при тяжких отруєннях у тих випадках, коли не можна використати гемосорбцію</p>
Лімфосорбція	<p>Лімфосорбцію (очищення організму пропусканням лімфи через колонку із сорбентом) найчастіше застосовують при екзогенних отруєннях алкалоїдами блідої поганки, хлоропохідними вуглеводнів та ін. Перевагою цього методу є відносна нетравматичність (відсутність ушкодження формених елементів, порушень згортання крові та змін у серцево-судинній системі)</p>
Ентеросорбція	<p>Ентеросорбцію здійснюють за допомогою перорального вживання сорбентів – т. зв. ентеросорбентів, які під час проходження через травний канал адсорбують шкідливі речовини і тим самим зменшують їх вміст у крові. Застосовують цей метод для виведення алкалоїдів, наркотичних</p>

Термін	Визначення, формули, показники
	<p>речовин, барбітуратів тощо, лікування алергічних захворювань. Розроблено також ентеросорбенти на основі рослинних волокон – фітосорбенти, які очищують організм від радіонуклідів, важких металів.</p> <p>Як різновид ентеросорбції розглядають детоксикацію кишечника шляхом введення через зонд суспензій сорбентів інтраопераційно і в ранньому післяопераційному періоді в абдомінальній хірургії. Нині ентеросорбція є одним із ключових методів еферентної медицини</p>
<p>Аплікаційна терапія</p> 	<p>Для лікування інфікованих ран та опіків ефективною є аплікаційна терапія – один із методів детоксикації організму накладанням на рану або зону опіку марлевої пов'язки із сорбційним матеріалом. Це сприяє звільненню ушкоджених тканин від продуктів розпаду білків, інтенсифікації процесів регенерації тканин, зменшенню інтоксикації цілого організму. Розроблено волокнисті вугільні сорбенти з іммобілізованими на поверхні ферментами, які сприяють швидшому загоєнню ран. Вони можуть бути також носіями лікарських засобів – антибіотиків, антисептиків та інших антибактеріальних препаратів.</p> <p>Під час вибору того чи іншого сорбенту враховують його селективність і сорбційну ємність відносно конкретної речовини</p>
<p>Хроматографія</p>	<p>Це фізико-хімічний метод розділення суміші речовин, заснований на різному розподілі компонентів між двома фазами, одна з яких нерухома, а інша – рухома. Рухома фаза фільтрується через нерухому.</p> <p>Рухому фазу, яку вводять у шар нерухомої фази, називають елюентом, а рухома фаза, що виходить з колонки і містить розділені компоненти – елюатом</p>
<p>Основні завдання хроматографічних методів</p>	<p>Основними завданнями, які можуть бути вирішені за допомогою хроматографічних методів, є наступні.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Якісний і кількісний аналіз складних сумішей речовин. 2. Поділ багатокомпонентних за складом сумішей на індивідуальні компоненти. 3. Концентрування речовин з їх дуже розбавлених розчинів. Метою може бути добування цінних металів (Ag, Au, Pt) з розбавлених технологічних розчинів або виробничих стічних вод; сконцентрувати Ra, U, що міститься в природних водах у концентраціях 10^{-5}–10^{-10} г-атом/л. 4. Очищення технічних продуктів від домішок, доведення цих продуктів до заданого ступеня хімічної чистоти, отримання чистих хімічних реактивів. 5. Контроль різних виробництв методами хроматографії. 6. Визначення молекулярної структури деяких сполук шляхом встановлення зв'язку між здатністю до сорбції і будовою даної речовини
<p>Нерухома фаза</p>	<p>Речовини, що складають нерухому фазу, називають <i>сорбентами</i>. Вони можуть бути як у твердому, так і в рідкому стані, але зазвичай це тверді речовини. Як сорбенти використовують діоксид силіцію, силікагель, оксид алюмінію тощо</p>

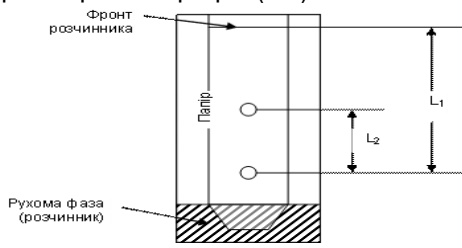
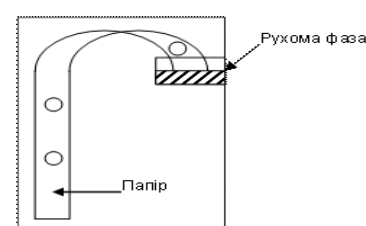
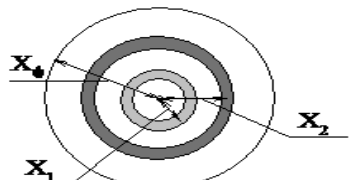

Термін	Визначення, формули, показники
Рухома фаза	Це потік рідини або газу, що фільтрується крізь шар сорбенту. Вона виконує функції <i>розчинника</i> і <i>носія</i> суміші речовин, які аналізують, і її називають <i>сорбатом</i>
<p data-bbox="159 309 745 340">Засновник хроматографічних методів аналізу</p>  <p data-bbox="242 672 662 810">Михайло Семенович Цвет (14 травня 1872–26 червня 1919). Ботанік та фізіолог рослин, винахідник хроматографії</p>	Метод хроматографії запропонував вчений-ботанік М. С. Цвет, який вперше в 1903 г. застосував явище адсорбції для аналізу зеленої частини хлорофілових пігментів листків. Метод назвав <i>хроматографічним</i> (від слова «хроматос» – колір)
Харківські вчені, які здійснили великий внесок у розвиток хроматографії	<p data-bbox="761 824 1473 929">Значний внесок у розвиток хроматографії зробили вчені України (Харків). Це піонери досліджень із тонкошарової хроматографії (М. Ізмайлов, М. Шрайбер).</p> <p data-bbox="761 929 1473 1108">Микола Аркадійович Ізмайлов (22.06.1907–2.10.1961), український фізико-хімік, 1948 – доктор хімічних наук, 1948 – професор, 1955 – заслужений діяч науки УРСР, 1957 – член-кореспондент АН УРСР, 1960 – лауреат премії ім. Д. І. Менделєєва.</p> <p data-bbox="761 1108 1473 1400">Займався науковими дослідженнями в галузі хроматографії в тонких шарах, вивчав статистику й динаміку молекулярної та іонообмінної сорбції, досліджував властивості неводних розчинів електролітів та вплив на силу електролітів розчинників, вивчав певні питання кислотності розчинів, сольватацію іонів та молекул у розчинах. Разом з М. С. Шрайбер у 1938 р. розробив метод хроматографії в тонких шарах.</p> <p data-bbox="761 1400 1473 1579">Першим розробив та запропонував загальні основи адсорбційної технології, зокрема адсорбційних методів одержання морфіну з коробочок опійного маку (упроваджено на ФП Харкова та в Болгарії) та ефірної олії з квітів жасмину (упроваджено у виробництво в Китаї).</p> <p data-bbox="761 1579 1473 1691">У фармацевтичному аналізі використовуються його методики кількісного визначення ментолу, терпінгідрату, тимоли та фенолу за ізотермами поверхневого натягу</p>
Класифікація хроматографічних методів аналізу	
За агрегатним станом нерухомої та рухомої фаз	<p data-bbox="761 1742 1473 1848">Для досягнення оптимального розподілу компонентів сумішей необхідно обрати оптимальну комбінацію нерухомої (стаціонарної) та рухомої фази.</p> <p data-bbox="761 1848 1473 1982">Сорбент (нерухома фаза) може бути твердою речовиною або рідиною, що сорбована на твердому носії. Рухома фаза може бути рідиною або газом; сорбати можуть перебувати у рідкому, газоподібному або пароподібному стані</p>

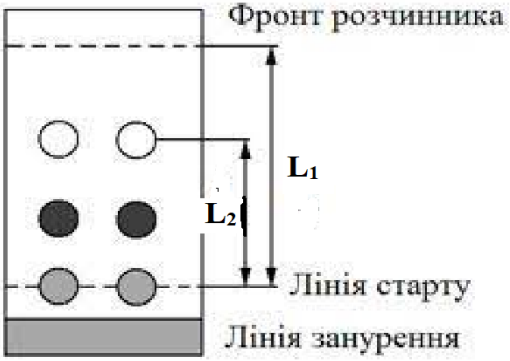
Термін	Визначення, формули, показники	
Класифікація хроматографічних методів за агрегатним станом рухомої та нерухомої фаз		
<i>Рухома фаза (РФ)</i>	<i>Нерухома фаза (НФ)</i>	<i>Назва хроматографії</i>
Газ, газова хроматографія (ГХ)	Тверда речовина. Рідина (розподілена тонким шаром по поверхні твердого носія)	Газо-твердофазна або газо-адсорбційна. Газо-рідинно-твердофазна або газо-абсорбційна
Рідина, рідинна хроматографія (РХ)	Тверда речовина. Рідина	Рідино-твердофазна або рідино-адсорбційна. Рідино-рідинна або рідино-розподільна
Флюїд, флюїдна хроматографія (ФХ)	Тверда речовина. Рідина.	Флюїдо-твердофазна. Флюїдо-рідинно-твердофазна
За механізмом взаємодії сорбенту та сорбату	<p>За механізмом взаємодії сорбенту і сорбату можна виділити декілька видів хроматографії:</p> <p>розподільна (розробники Мартин Фукс та ін.) базується на різниці між розчинністю речовин у нерухомій фазі (газорідинна хроматографія) або на різниці в розчинності речовин у нерухомій та рухомій фазах;</p> <p>адсорбційна – на різниці в адсорбованості речовин твердим сорбентом;</p> <p>іонобмінна – на різній здатності речовин до іонного обміну;</p> <p>ексклюзійна – на різниці в розмірах і формах молекул досліджуваних речовин;</p> <p>афінна – на специфічній взаємодії, характерній для деяких біологічних та біохімічних процесів.</p> <p>Ці різновиди не вичерпують усіх механізмів розділення. Існують також осадова хроматографія, що базується на утворенні осадів, що відрізняються між собою розчинністю; адсорбційно-комплексоутворююча, основана на утворенні координаційних сполук різної стійкості у фазі і на поверхні сорбенту та ін.</p> <p>Слід зазначити, що класифікація за механізмами взаємодії дуже умовна: її використовують у тому випадку, якщо відомий домінуючий механізм, оскільки дуже часто процес розділення відбувається за декількома механізмами</p>	
За технікою виконання	<p>Основні методи хроматографії:</p> <p>колонкова, коли розділення проводиться в спеціальних колонках;</p> <p>площинна, коли розділення проводиться на спеціальному папері (паперова) або в тонкому шарі сорбенту (тонкошарова)</p>	
За метою хроматографування	<p>Основні методи:</p> <p>аналітична (якісний та кількісний аналіз);</p> <p>препаративна (для отримання речовин у чистому вигляді, для концентрування і виділення мікродомішок);</p> <p>промислова (для автоматичного управління процесом, при якому цільовий продукт з колонки надходить у датчик), цей метод широко використовують для дослідження розчинів, каталітичних процесів, кінетики хімічних процесів</p>	

Термін	Визначення, формули, показники
<p>За способом отримання хроматограм</p>  <p>1. Елюент 2. Хроматографічна колонка 3. Сорбент 4. Елюат</p>	<p>Розрізняють елюентну, витіснювальну і фронтальну хроматографію.</p> <p>Рухому фазу, яку вводять в шар нерухої фази, називають елюентом, а рухому фазу, яка виходить з колонки і містить досліджувані компоненти, – елюатом. В елюаті тим чи іншим способом визначають досліджувані компоненти</p>
<p>Елюентна хроматографія</p>	<p>В безперервний потік рухої фази, яка практично не сорбується (елюента), вноситься порція об'єкту аналізу (суміш компонентів). Елюент захоплює частину компонентів об'єкту аналізу, яка знаходиться в рівновазі між ним і нерухою фазою, і просуває їх вздовж нерухої фази з різними швидкостями. Компоненти виходять із зони розділення послідовно, відповідно до їх сорбційних властивостей. Це приводить до розділення суміші на окремі компоненти.</p> <p>Такий спосіб розділення використовують переважно в газовій хроматографії під час аналізу органічних речовин.</p> <p>Переваги методу:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) найбільше використовується у вискоефективній хроматографії; 2) є єдиним способом кількісного аналізу. <p>Недолік – цей метод не для концентрованих розчинів</p>
<p>Фронтальна хроматографія</p>	<p>Через колонку безперервно пропускають об'єкт аналізу, який сам є рухою фазою, і вимірюють концентрацію кожного компонента на виході з колонки. Сорбент насичується компонентами суміші з кращою здатністю до сорбції, а компонент з гіршою здатністю до сорбції рухається попереду інших вздовж шару сорбенту і покидає колонку в чистому вигляді. Крізь колонку спочатку проходить речовина, яка сорбується найгірше, а потім її суміш з речовиною, що сорбується краще, та ін.</p> <p>Метод дозволяє виділити з суміші тільки одну, найменш здатну до сорбції речовину, тому для розділення речовин він мало придатний.</p> <p>Фронтальний аналіз застосовують, зокрема, для очищення води іонообмінними адсорбентами та очищення повітря активованим вугіллям у протигазах</p>
<p>Витіснювальна хроматографія</p>	<p>У нерухої фазу вноситься порція об'єкту аналізу – суміш компонентів, розчинених в елюенті. Ця порція витискається через шар нерухої фази потоком речовини-витискувача, що сорбується сильніше, ніж компоненти об'єкту аналізу. Таким чином відбувається послідовне витискання компонентів відповідно до їх сорбційної здатності.</p>

Термін	Визначення, формули, показники
	<p>Компоненти суміші рухаються попереду фронту витискувача до виходу з колонки з однаковою швидкістю, розділившись на зони, що стикаються між собою залежно від здатності до сорбції. Використання цього методу ускладнює важкість вибору необхідної концентрації речовини-витискувача, взаємною дифузією на межі зон, яка перешкоджає отриманню на виході з колонки досить чистих компонентів, і тривалістю процесу розділення. Цей метод використовується в основному при визначенні мікродомішок</p>
Найпоширеніші в медицині хроматографічні методи аналізу	
<p>Газова хроматографія</p>  <p style="text-align: center;"><i>Газовий хроматограф GC 2400</i></p>	<p>Для розділення, аналізу і дослідження речовин та їх сумішей, що не розкладаються у газоподібному стані, найширшого застосування набула газова хроматографія, де як рухома фаза (газ-носії) найчастіше використовують інертні гази (гелій, аргон, азот). Нерухома фаза може бути нелетка рідина (гліцерол, поліетиленгліколь), наносять її на твердий носій (скло, тефлон), яким заповнюють колонку.</p> <p>Під час проходження досліджуваної суміші через хроматографічну колонку її компоненти селективно утримуються нерухома фаза, а потім виходять із колонки і реєструються детектором, сигнали якого автоматично записуються у вигляді хроматограми. Кожному компоненту суміші на хроматограмі відповідає окремий пік. Положення піка визначається величиною часу утримування (x_d), тобто часом від початку введення проби до виходу максимального піка.</p> <p>Ідентифікацію компонентів суміші проводять зіставленням часу утримування відповідного компонента й еталону – речовини аналогічної структури. Збіг часу утримування еталону і досліджуваної речовини свідчить про їх ідентичність.</p> <p>Визначення кількісного складу суміші полягає в тому, що інтенсивність піка кожного компонента пропорційна його вмісту в суміші.</p> <p>Метод газохроматографічного аналізу дуже чутливий. Для його проведення достатньо кілька кубічних сантиметрів газу, мікролітрів рідини чи мікрограмів леткої речовини.</p> <p>Газову хроматографію широко застосовують у медицині для визначення вмісту багатьох лікарських препаратів, продуктів їх метаболізму, рівня жирних кислот, холестерину, стероїдів в організмі хворого тощо, у токсикологічній хімії, судовій медицині, криміналістиці та гігієні.</p> <p><i>Вчені – засновники газової хроматографії</i></p> <p>У 1941 р. А. Дж. П. Мартін та Р. Л. М. Сінг розробили новий різновид хроматографії, в основу якого було покладено відмінність в коефіцієнтах розподілу речовин, які розподіляються між двома рідинами, що не змішуються.</p>

Термін	Визначення, формули, показники
	<p>Цей метод отримав назву «газоворозподільча хроматографія». У 1952 р. Дж. Мартіну та Р. Сінгу було присуджено Нобелівську премію в галузі хімії за створення цього методу. З середини ХХ ст. і до наших днів хроматографія інтенсивно розвивалася і стала одним із найбільш широко застосовуваних аналітичних методів</p>
<p>Рідинна хроматографія (ВЕРХ)</p>  <p><i>Рідинний хроматограф HPLC/MS</i></p>	<p>У методі рідинної хроматографії рухомою фазою є рідина, нерухомою – твердий адсорбент. На відміну від газової, рідинна хроматографія може бути використана для аналізу речовин з молекулярною масою від кількох сотень до кількох мільйонів а. о. м., у т. ч. складних макромолекул, нуклеїнових кислот, білків тощо.</p> <p>Як розчинник застосовують легкі вуглеводні та їх похідні: гексан, бензен, толуен, метанол, етанол тощо. Їх вибір визначають за типом сорбенту, яким може бути силікагель, алюміній оксид, магній оксид, сахароза, полімери.</p> <p>Залежно від характеру взаємодій, що відбуваються в шарі сорбенту, рідинну хроматографію поділяють на дві групи: <i>молекулярну</i> та <i>хемосорбційну</i></p>
<p>Гель-фільтраційна хроматографія</p>	<p>Гель-фільтраційна хроматографія ґрунтується на принципі розділення суміші речовин за розмірами їхніх молекул. Процес відбувається завдяки тому, що в цеоліт (молекулярне сито) або пори гелю дифундують тільки ті речовини, розміри молекул яких не перевищують розміри пор адсорбенту. Унаслідок цього молекули меншого розміру долають більший шлях і виходять з колонки пізніше, ніж більші молекули.</p> <p>Останнім часом молекулярно-ситову хроматографію широко використовують для визначення молекулярної маси білків, виділення та очищення біополімерів (білків, пептидів, полісахаридів, нуклеїнових кислот) і навіть для розділення клітин, наприклад, лімфоцитів, еритроцитів тощо</p>
<p>Афінна хроматографія</p>  <p>Умовні позначення</p> <p>Білок, який хочемо виділити</p> <p>Ліганд</p> <p>Ліганд, зв'язаний із частинкою полімерного сорбенту</p> <p>А</p> <p>Б</p> <p>Г</p>	<p>На відміну від звичайних методів виділення та очищення біологічних сполук (ці методи базуються на фізико-хімічних відмінностях, таких як розмір молекули, молекулярна маса, заряд), в афінній хроматографії використовується певна властивість біомолекул – здатність специфічно та оборотно взаємодіяти з такими речовинами, як субстрати, інгібітори, рецептори тощо. Ці речовини (їх називають лігандами) ковалентно зв'язуються з твердим носієм, утворюють специфічний адсорбент, який може вибірково з суміші, що розділяється, зв'язувати та утримувати споріднений до нього біополімер.</p> <p>Отже, афінна хроматографія – це високоспецифічний метод, що дозволяє ефективно проводити очищення багатьох біомакромолекул та інших речовин</p>

Термін	Визначення, формули, показники
<p>Паперова хроматографія (ПХ)</p>  <p>Фронт розчинника</p> <p>Папір</p> <p>Рухома фаза (розчинник)</p> <p>L_1</p> <p>L_2</p> <p>Висхідна хроматографія</p>  <p>Рухома фаза</p> <p>Папір</p> <p>Низхідна хроматографія</p>  <p>X_1</p> <p>X_2</p> <p>Радіальна (кругова) хроматографія</p>	<p>Паперову хроматографію широко застосовують у фармації й медицині. Як нерухому фазу використовують хроматографічний папір або речовини, попередньо нанесені на його волокна.</p> <p>Для отримання хроматограми розчини чистих речовин (свідків) і суміш, яку потрібно розділити, наносять на хроматографічний папір, нижній кінець якого занурюють у відповідну систему розчинників. Через деякий час суміш розділяється на зони окремих компонентів. Для виявлення зон хроматограму розглядають у світлі УФ-випромінювання за певної довжини хвилі й олівцем позначають контури плям.</p> <p>Кількісне визначення полягає в тому, що пляму вирізають і після подрібнення паперу екстрагують досліджувану речовину відповідним розчинником. Вміст речовини визначають за будь-яким методом, придатним для визначення малих кількостей (спектрофотометрія, полярографія тощо)</p> <p>Паперова хроматографія поділяється на висхідну, низхідну та радіальну (кругову).</p> <p>Незабарвлені суміші необхідно проявляти. При цьому залежно від визначуваних речовин їх можна виявити:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) у світлі УФ плями (речовини можуть самі світитись), 2) у парах йоду виявляються речовини, які мають подвійні зв'язки. 3) Обприскування проводити спеціальними реагентами. 4) Застосування свідків (точно відомих речовин) є надійним методом виявлення компонентів
<p>Тонкошарова хроматографія (ТШХ)</p> 	<p>У цьому методі роль носія виконує тонкий шар порошкоподібного сорбенту, нанесений на скляну або металеву пластинку. Як сорбенти застосовують силікагель, оксид алюмінію, силікат магнію тощо.</p> <p>Аналіз за цим методом загалом мало відрізняється від паперової хроматографії. Разом з тим метод ТШХ має низку переваг: високу швидкість процесу хроматографування, можливість використання більшого асортименту сорбентів як нерухомої фази.</p> <p>ПХ і ТШХ посідають одне з провідних місць серед методів розділення та аналізу органічних і біоорганічних сполук. За допомогою цих методів можна визначити речовини масою 10–20 мкг, розділення триває кілька хвилин, тому їх часто застосовують як експрес-методи</p>
<p>Розрахунки в ПХ і ТШХ</p>	<p>Для оцінки хроматографічної поведінки речовини в певних умовах використовують величину R_f, яка дорівнює відношенню відстані L_2, пройденій речовиною, до відстані L_1, пройденій розчинником:</p> $R_f = \frac{L_2}{L_1}$ <p>де R_f – рухливість (відносна швидкість переміщення компонентів тонкому шарі).</p>

Термін	Визначення, формули, показники
	<p>Rf можуть мати значення від 0 до 1. При Rf = 0 компонент суміші залишається на лінії старту, а при Rf = 1 рухається разом з фронтом розчинника. Значення Rf залежить від розподілу речовини, складу рухомої фази, типу паперу, температури, часу хроматографування, техніки експерименту</p>

Практичні навички

Розраховувати вільну поверхневу енергію G_s , поверхневий натяг σ , поверхневу активність ПАР залежно від їх молекулярної маси (правило Дюкло–Траубе), величину адсорбції за рівнянням Ленгмюра, R_f розділених речовин за методом паперової та тонкошарової хроматографії.

Вміти класифікувати речовини за характером впливу на поверхневий натяг, відрізнити гідрофобну і гідрофільну групи в молекулах, іони в порядку адсорбційної здатності, формулювати основні положення теорії Ленгмюра. Рівняння Ленгмюра.

8. Ситуаційні задачі для визначення кінцевого рівня знань.

Ситуаційні задачі з алгоритмами їх рішення

1. До 60 мл розчину оцтової кислоти з концентрацією розчину 0,1 моль/л додали 2 г адсорбенту та збовтали. Після досягнення рівноваги пробу розчину об'ємом 10 мл відтитрували розчином натрію гідроксиду з концентрацією 0,05 моль/л. На титрування витрачено 15 мл титранту. Розрахуйте величину адсорбції оцтової кислоти.

Алгоритм рішення

1. Знаходимо концентрацію розчину оцтової кислоти за результатами титрування:

$$C(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

2. Розраховуємо величину адсорбції оцтової кислоти за формулою:

$$\Gamma(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{n(\text{CH}_3\text{COOH})}{m_{\text{адсорб}}} = \frac{(C_{\text{вих.}} - C_{\text{роз.}}) \cdot V_{\text{вих.}}}{m} = \frac{(0,1 - 0,075) \cdot 0,6}{2} = 0,75 \text{ ммоль/г.}$$

$$\Gamma(\text{CH}_3\text{COOH}) = 7,5 \times 10^{-4} \text{ моль/г} = 0,75 \text{ ммоль/г.}$$

Відповідь: 0,75 ммоль/г.

2. Визначте величину адсорбції кислоти $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{COOH}$ на поверхні водного розчину при 10°C , якщо масова частка кислоти у розчині 0,005 %. Поверхневий натяг чистої води та розчину при цій температурі рівні відповідно $74,22 \times 10^{-3}$ та $57,0 \times 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$.

Алгоритм рішення

1. Для розрахунку адсорбції Γ на поверхні розчину скористаємось рівнянням Гіббса:

$$\Gamma = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta C} \cdot \frac{C}{RT} = - \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{C_2 - C_1} .$$

У рівнянні Гіббса величина C_2 – молярна концентрація кислоти, а $C_1 = 0$ (чиста вода).

2. Вважаючи, що густина (ρ) розведеного розчину кислоти близько 1 г/мл (тобто така сама, як і води), використовуючи ω % кислоти, знаходимо, що в 100 мл розчину міститься 0,005 г кислоти. Молярна маса кислоти дорівнює 158 г/моль, тому молярна концентрація розчину буде:

$$C = \frac{m_{\text{кис.}}}{M_{\text{кис.}} \times V_{\text{роз.}}} = \frac{0,05}{158 \times 0,1} = 3,16 \times 10^{-4} \text{ моль/л}$$

3. В рівняння Гіббса підставляємо необхідні дані:

$$\Gamma = \frac{57 \times 10^{-3}}{3,16 \times 10^{-4} - 0} \cdot \frac{3,16 \times 10^{-4}}{8,314 \times 283} = 7,3 \times 10^{-6} \text{ моль/м}^2$$

Відповідь: $7,3 \times 10^{-6}$ моль/м²

3. Експериментально встановлено, що максимальна величина адсорбції ПАР ($M = 60$ г/моль) деяким адсорбентом становить $5,0 \times 10^{-3}$ моль/г. Розмір дорівнює 0,06 моль/л. Розрахуйте масу речовини, яка адсорбувалася двома грамами даного адсорбенту з розчину, якщо концентрація ПАР дорівнювала 0,1 моль/л.

1. Розраховуємо величину адсорбції ПАР за рівнянням Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{C}{K+C}$$

$$\Gamma = 5,0 \times 10^{-3} \cdot \frac{0,1}{0,06+0,1} = 3,125 \times 10^{-3} \text{ моль/г.}$$

2. Кількість адсорбованої речовини на адсорбенті масою 2 г буде в 2 рази більша:

$$\eta_{\text{ПАР}} = 3,125 \times 10^{-3} \text{ моль/г} \times 2 \text{ г} = 6,25 \times 10^{-3} \text{ моль}$$

3. Маса адсорбованої речовини дорівнює:

$$m_{\text{ПАР}} = m \times M = 6,25 \times 10^{-3} \times 60 = 0,375 \text{ г}$$

Відповідь: m адсорбованого ПАР дорівнює 0,375 г.

4. Сполука А пройшла відстань $L_1 = 8,6$ см від лінії старту на хроматографічній пластинці. Розчинник за цей час пройшов $L_2 = 17,8$ см. Знайдіть R_f сполуки А.

Алгоритм рішення

Розраховуємо R_f сполуки А знайдемо згідно з формулою:

$$R_f = \frac{L_2}{L_1} = \frac{8,6}{17,8} = 0,48 \text{ см}$$

Відповідь: R_f сполуки А дорівнює 0,48 см.

5. Для стандартних розчинів А та В були отримані значення R_f відповідно: 0,56 та 0,34. При проведенні хроматографічних визначень за цих же умов невідомого розчину на пластинці було отримано дві плями, які були розміщені на відстані 5,7 та 4,3 см. Розчинник пройшов відстань, яка дорівнює 12,6 см. Розрахуйте, чи присутні у досліджуваному розчині речовини А і В.

Алгоритм рішення

Розраховуємо R_{fA} та R_{fB} сполук А і В знайдемо згідно з формулами:

$$R_{fA} = \frac{L_2}{L_1} = \frac{5,7}{12,6} = 0,45 \text{ см.}$$

$$R_{fB} = \frac{L_2}{L_1} = \frac{4,3}{12,6} = 0,34 \text{ см.}$$

Відповідь: згідно з розрахункам R_{fA} , речовина А відсутня, а речовина В присутня у досліджуваному розчині, тому що отримана в експерименті R_{fB} дорівнює розрахованій R_{fB} (0,34 см).

Ситуаційні задачі для самоконтролю

1. Із наведених речовин вкажіть поверхнево-інактивні речовини: $C_2H_5SO_3H$, $C_{15}H_{31}COOH$, $NaCl$, C_2H_5OH , H_2SO_4 , KOH .
2. Чим відрізняється хімічна адсорбція від фізичної?
3. Покажіть гідрофільну та гідрофобну частини молекули наступних сполук: $CH_3-CH_2-SO_3H$; $C_{15}H_{31}COOH$; $C_3H_7NH_2$.
4. Як змінюється поверхнева активність, коли адсорбція негативна?
5. Розташуйте іони в порядку їхньої адсорбційної спроможності: Na^+ , K^+ , Cs^+ , Rb^+ .
6. Наведіть приклади застосування іонообмінних смол у медичній практиці.
7. Які іони будуть адсорбуватися на частинках $BaSO_4$, що утворюються при реакції:
 $H_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + 2HCl$?
8. Розташуйте іони у порядку їх адсорбційної спроможності: Al^{3+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} .
9. На чому базується розподільна хроматографія?
10. Які іони будуть адсорбуватися на частинках ZnS : Na^+ , NO_3^- , Cu^{2+} , Zn^{2+} , OH^- , S^{2-} ?
11. Розташуйте іони в порядку їх адсорбційної спроможності: S^{2-} , PO_4^{3-} , CN^- , NO_3^- , Br^- .
12. Для якої амінокислоти (цистеїн або тирозин) швидкість пересування на папері в суміші вода-фенол буде більшою, якщо відомо, що R_f для цих кислот дорівнює, відповідно, 0,19 та 0,52? Відповідь обґрунтуйте.
13. Навести схему очищення води від іонів SO_4^{2-} та HCO_3^- на аніоніті в OH^- -формі.
14. Яка амінокислота (лейцин або аланін) має більшу гідрофільність, якщо методом паперової хроматографії встановлено, що R_f для цих кислот при використанні фенолу як рухомої фази, води як нерухомої фази, а паперу як інертного носія дорівнює, відповідно, 0,79 та 0,55? Відповідь обґрунтувати.
15. Розрахувати масу лікарського препарату глюконату кальцію, який міститься у водному розчині, якщо відомо, що на титрування фільтрату, який утворився при пропусканні розчину через катіоніт в H^+ -формі, використано 15 мл розчину луґу з молярною концентрацією 0,1 моль/л. Відносна молекулярна маса глюконату кальцію складає 430.
16. Розрахувати масу лікарського препарату саліцилату натрію, який міститься у водному розчині, якщо відомо, що на титрування фільтрату, отриманого при пропусканні його через катіоніт, використано 10 мл розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією $C(NaOH) = 0,2$ моль/л, $M(C_7H_3O_2Na) = 160$ г/моль.
17. Скласти схему очищення води від $Ca(NO_3)_2$ за допомогою іонітів.
18. Коефіцієнт розподілення для аспарагінової кислоти та аргініну між фенолом та водою складає, відповідно, 0,07 та 0,41. Яка кислота має більшу швидкість пересування на папері в суміші фенол-вода?
19. Розрахувати масу іонів Ba^{2+} у розчині барію нітрату, якщо відомо, що на титрування фільтрату, отриманого при пропусканні його через іоніт в H^+ -формі, витрачено 5 мл розчину калій гідроксиду з молярною концентрацією $C(KOH) = 0,1$ моль/л.
20. При використанні фенолу як рухомої фази, води як нерухомої фази, а паперу як інертного носія R_f для амінокислот – аспарагінової, цистеїну, аргініну й тирозину – виявився рівним, відповідно, 0,07, 0,19, 0,41 та 0,52. Який висновок можна зробити відносно гідрофільності цих амінокислот?

Ситуаційні тести для визначення кінцевого рівня знань

- Адсорбент – це:
A) речовина, яка адсорбується;
B) речовина, яка є розчинником;
C) речовина, на поверхні якої відбувається адсорбція;
D) речовина, яка розчиняється.
- Яка з наведених речовин є поверхнево-активною?
A) HCOONa ; B) $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$; C) H_2SO_4 ; D) KNaSO_4 ; E) KCl .
- Який іон буде селективно адсорбуватися на поверхні аргентум броміду?
A) Cl^- ; B) K^+ ; C) H^+ ; D) Zn^{2+} ; E) Ag^+ .
- Яка з наведених речовин здатна зменшити поверхневий натяг води?
A) $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$; B) NaCl ; C) K_2SO_4 ; D) LiOH ; E) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.
- Яка з наведених речовин має найвищу поверхневу активність?
A) $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$; B) $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$; C) $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$; D) $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$; E) $\text{C}_9\text{H}_{19}\text{OH}$.
- Як схематично позначають молекулу ПАР?
A) OO ; B) O^+ ; C) $\text{O}=\text{}$; D) $\text{O}-$.
- Хімічна адсорбція – це процес оборотний?
A) так; B) ні; C) немає відповіді.
- Що є рухливою фазою в рідинній хроматографії?
A) рідина; B) газ; C) тверда речовина; D) немає відповіді.
- Яка група атомів в молекулі $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}$ є полярною групою?
A) $\text{C}_{15}\text{H}_{31}$; B) COONa ; C) C_{15} ; D) $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}$.
- Ізотерма адсорбції – це залежність:
A) концентрації абсорбованої речовини від її кількості;
B) швидкості адсорбції від часу;
C) кількості абсорбованої речовини від її концентрації;
D) температури розчину від часу адсорбції.
- Як називається метод сорбційної детоксикації організму, який здійснюється при проходженні сорбенту через систему травлення?
A) гемосорбція; B) аплікаційна терапія; C) ентеросорбція; D) ліквосорбція.
- Необхідною умовою хроматографічного методу аналізу сумішей компонентів є їх розподіл між двома фазами:
A) рідкою і твердою; B) твердою і газоподібною; C) рухомою і нерухомою; D) рідкою і газоподібною.
- Який з іонів селективно адсорбується з водного розчину на кристалі CaCO_3 ?
A) Ba^{2+} ; B) K^+ ; C) CO_3^{2-} ; D) H^+ .
- Зовнішня поверхня клітинних мембран утворена:
A) гідрофобними групами фосфоліпідів;
B) гідрофільними групами фосфоліпідів;
C) іонами розчинних речовин;
D) молекулами білків;
E) молекулами тваринного крохмалю – глікогену.
- За катіонообмінні властивості біологічних структур відповідальні:
A) аміногрупи білків; B) карбоксильні і фосфатні групи; C) гідроксильні групи; D) метиленова група; E) меркапто-групи.

9. Рекомендації до оформлення результатів роботи

1. Опрацювати теоретичний матеріал за даною темою, вивчити поняття про поверхневу енергію та поверхневий натяг, поверхнево-активні (ПАР), поверхнево-неактивні (ПНР) та поверхнево-інактивні (ПІР) речовини. Поверхнева активність. Правило Дюкло–Траубе. Орієнтація молекул ПАР у поверхневому шарі. Адсорбція на межі поділу рідина–газ, рідина–рідина. Рівняння Гіббса. Ізотерма поверхневого натягу і адсорбції. Адсорбція на поверхні твердих тіл. Рівняння Ленгмюра. Сучасні уявлення про будову біологічних мембран. Фізико-хімічні основи адсорбційної терапії. Правило вибіркової адсорбції Панета–Фаянса. Типи іонітів. Біологічне значення вибіркової іонної адсорбції. Хроматографія. Класифікація хроматографії за агрегатним станом та механізмом розділення фаз. Сутність методів хроматографії. Хроматографія в біології та медицині.

2. Ознайомитися з алгоритмами рішення та оформлення ситуаційних задач.

3. Самостійно розраховувати величину адсорбції; масу речовини, що адсорбується. Розташуйте іони в порядку їх адсорбційної спроможності, з наведених речовин вкажіть поверхнево-інактивні речовини, складіть схему очищення води за допомогою іонітів.

4. Самостійно вирішувати ситуаційні тести для визначення кінцевого рівня знань.

5. Самостійно переглянути акредитований в ННІ ЯО ХНМУ дистанційний курс з Медичної хімії <https://distance.knmu.edu.ua/course/view.php?id=487> за темою заняття.

Особливу увагу звернути на наочні матеріали

(<https://distance.knmu.edu.ua/mod/folder/view.php?id=33297>)

(<https://distance.knmu.edu.ua/mod/folder/view.php?id=34162>)

та відео лабораторної роботи

(<https://distance.knmu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=33972>)

((<https://distance.knmu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=33917>)).

6. Описати алгоритми вирішення навчальних питань аудиторної та самостійної роботи, результати записати у робочому зошиті.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Адсорбція оцтової кислоти на активованому вугіллі

Ціль роботи: вивчити залежність адсорбції оцтової кислоти з розчину на твердому адсорбенті від концентрації розчину.

Методика виконання експерименту

До 4 колб вносять по 0,5 г активованого вугілля, наливають з бюретки по 25 мл розчинів оцтової кислоти вказаних молярних концентрацій. Адсорбцію проводять протягом 30 хв, періодично струшуючи вміст колб. Потім розчини фільтрують крізь паперові фільтри, відкидаючи перші 2–3 мл фільтрату. Концентрації оцтової кислоти після адсорбції визначають титруванням 5 мл фільтрату розчином гідроксиду натрію $C(\text{NaOH}) = 0,1$ моль/л. Кожний розчин титрують 3 рази. Для розрахунків застосовують середнє значення. Результати записати в таблиці:

№ з/п	C (CH ₃ COOH)	V (CH ₃ COOH)	C (NaOH)	V (NaOH)
1	0,2	5 мл	0,1	
2	0,1	5 мл	0,1	
3	0,05	5 мл	0,1	
4	0,025	5 мл	0,1	

Рівноважну концентрацію оцтової кислоти розраховуємо за рівнянням:

$$C(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{C(\text{NaOH}) \times V_{\text{сер.}}(\text{NaOH})}{V(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

Потім розраховуємо величину адсорбції за формулою:

$$\Gamma = \frac{[C_e(\text{CH}_3\text{COOH}) - C_p(\text{CH}_3\text{COOH})] \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})}{m(\text{адсорбенту})}$$

Будуємо ізотерму адсорбції в координатах Γ - C_p .

Робимо висновки про залежність адсорбції від концентрації адсорбату.

Оформити протокол лабораторної роботи, зробити висновки. Результати зафіксувати в робочий зошит.

Література

а) основна:

1. Медична хімія : підручник / В. О. Калібабчук та ін. ; за ред. В. О. Калібабчук. 4-е вид. Київ : ВСВ «Медицина», 2019. 336 с.
2. Медична хімія : навч. посіб. / І. В. Завгородній та ін. за ред. І. В. Завгороднього та Г. О. Сирової. Харків : Екограф, 2010. 268 с.
3. Медична хімія : навч. посіб. / Г. О. Сирова, В. М. Петюніна та ін.; за ред. Г. О. Сирової. Харків : Екограф, 2015. 202 с.
4. Мороз А. С., Луцевич Д. Д., Яворська Л. П. Медична хімія. 2-е вид., стереотипне. Вінниця : НОВА КНИГА, 2008. 776 с.
5. Medical chemistry : textbook / V. O. Kalibabchuk et al.; edited by V. O. Kalibabchuk. 5th edition, corrected. Kyiv : AUS Medicine Publishing, 2017. 224 p.
6. Syrovaya A. O., Grabovetskaya E. R., Shapoval L. G. Fundamentals of medical chemistry : manual for student's self-work. Kharkiv : KhNMU, 2015. 196 p.
7. Syrovaya A. O., Grabovetskaya E. R., Shapoval L. G. Medical chemistry. Adapted concise course : manual for student's self-work. Kharkiv : KhNMU, 2013. 160 p.
8. Sriram D., Yogeewari P. Medicinal Chemistry. Pearson India, 2009. 712 p.
9. King Frank D. Medicinal Chemistry : Principles and Practice. Royal Society of Chemistry, 2002. 448 p.

б) допоміжна:

1. Миронович Л. М., Мардашко О. О. Медична хімія : навч. посіб. Київ : Каравела, 2007. 168 с.
2. Смірнова О. В. Медична хімія (в таблицях, схемах, питаннях, відповідях, прикладах) : навч. посіб. / Смірнова О. В., Заїчко Н. В., Мельник А. В., Сулім О. Г. Вінниця : 2018. 136 с.
3. Порецький А. В., Баннікова-Безродна О. В., Філіппова Л. В. Медична хімія : підручник. Київ : ВСВ «Медицина», 2012. 384 с.
4. Гробовий П. М., Загричук Г. Я., Фальфушинська Г. І. Основи хімії елементів. Тернопіль : В-во Капюка, 2001. 267 с.
5. Біофізична та колоїдна хімія / А. С. Мороз та ін. Вінниця : Нова книга, 2007. 600 с.
6. Фізична та колоїдна хімія / В. І. Кабачний та ін. Харків : Прапор, В-во УкрФА, 1999. 368 с.
7. Мороз А. С., Ковальова А. Г. Фізична та колоїдна хімія. Львів : «Світ», 1994. 279с.
8. Левітін Є. Я., Бризицька А. М., Ключова Р. Г. Загальна та неорганічна хімія. Вінниця : Нова книга, 2003. 464 с.
9. Inorganic Chemistry : manual / V. O. Kalibabchuk et al. Kiev : Medicine, 2017. 300 p.

Навчальне видання

**СОРБЦІЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН
НА МЕЖІ ПОДІЛУ ФАЗ.
ІОННИЙ ОБМІН. ХРОМАТОГРАФІЯ**

***Методичні вказівки
для самостійної аудиторної та індивідуальної роботи
здобувачів освіти 1-го курсу спеціальностей
«Медицина» та «Педіатрія»***

Видання II, перероблене та доповнене

Упорядники Сирова Ганна Олегівна
 Савельєва Олена Валеріївна
 Лук'янова Лариса Володимирівна
 Козуб Світлана Миколаївна
 Чаленко Наталія Миколаївна
 Присяжний Олександр Васильович

Відповідальна за випуск О. В. Савельєва



Редактор Є. В. Рубцова
Комп'ютерна верстка О. Ю. Лавриненко

Формат А4. Ум. друк. арк. 4,0. Зам. № 25-37.

**Редакційно-видавничий відділ
ХНМУ, пр. Науки, 4, м. Харків, 61022
izdatknmurio@gmail.com, vid.redact@knu.edu.ua**

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавництв, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції серії ДК № 3242 від 18.07.2008 р.