

## **№8. АДСОРБЦІЯ НА РУХОМІЙ І НЕРУХОМІЙ МЕЖІ ПОДІЛУ ФАЗ. АДСОРБЦІЯ ЕЛЕКТРОЛІТІВ. ХРОМАТОГРАФІЯ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ В БІОЛОГІЇ І МЕДИЦИНІ**

**1. Актуальність теми.** Адсорбція із розчинів на поверхні твердого тіла має велике значення для життєдіяльності організмів. Адсорбція субстрату на поверхні ферментного комплексу, адсорбція амінокислот на поверхні еритроцитів, адсорбція на мембранах клітин, адсорбція білків на поверхні гідрофобних частинок, що переносяться кров'ю – всі ці процеси в організмі пов'язані з молекулярною адсорбцією з розчинів. Такі тверді адсорбенти як активоване вугілля та йонообмінники застосовуються для очистки організму від сторонніх речовин, отрут, які потрапили у шлунок, надлишкових ліків, шкідливих продуктів життєдіяльності. Отже, поняття про адсорбцію із розчинів необхідне для розуміння багатьох процесів в організмі на молекулярному рівні. Адсорбція на твердих адсорбентах широко використовується і в промисловості. Вона застосовується для очистки вітамінів, анестетиків, антибіотиків, виготовлення “іммобілізованих” ферментів, стандартизації та ідентифікації лікарських засобів. Тверді адсорбенти застосовуються також для очистки промислових викидів і регенерації стічних вод.

### **Компетентності:**

Вміти проводити аналіз інформації, приймати обґрунтовані рішення, встановлювати відповідні зв'язки для досягнення цілей.

Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

Знати методи застосування знань при вирішенні практичних питань.

Знати стандартні методика проведення фізико-хімічних (лабораторних) досліджень, вміти аналізувати та обґрунтовано оцінювати їх результати.

Використовувати при фаховому та діловому спілкуванні та при підготовці документів рідну мову.

### **2. Конкретні цілі:**

Робити висновки щодо поверхневої активності речовин на підставі їх будови.

Аналізувати особливості будови поверхневого шару адсорбованих молекул поверхнево активних сполук, пояснювати принципи будови біологічних мембран.

Аналізувати рівняння адсорбції та межі їх використання, розрізняти мономолекулярну та полімолекулярну адсорбцію.

Інтерпретувати закономірності адсорбції речовин із розчинів на твердій поверхні.

Пояснювати фізико-хімічні основи методів адсорбційної терапії.

Розрізняти вибірккову та іонообмінну адсорбцію електролітів.

Пояснювати методи адсорбційної терапії.

**3. Базові знання, вміння, навички, необхідні для вивчення теми (міждисциплінарна інтеграція)**

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
1. Хімія (шкільний курс) 2. Математика (шкільний курс) 3. Медична біологія	Мати поняття про полярність молекул. Вміти будувати графіки. Мати уявлення про клітинні мембрани, їх структуру та функції.
4. Медична та біологічна фізика	Володіти знаннями про структуру і функції біологічних мембран, проникність біологічних мембран. Мати уявлення про поверхневі явища
5. Українська мова за професійним спрямуванням	Мати досконалі знання рідної мови. Використовувати при фаховому та діловому спілкуванні та при підготовці документів рідну мову.

**4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до заняття та на занятті.**

4.1. Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці до заняття:

Термін	Визначення
1. Поверхневі явища	<b>Поверхневі явища</b> – процеси, що відбуваються на межі поділу фаз у гетерогенних системах.
2. Поверхневий натяг	<b>Поверхневий натяг - енергія Гіббса, що приходиться на одиницю площі поверхні.</b>
3. Поверхнево-активні речовини (ПАР)	<b>ПАР</b> – речовини, які зменшують поверхневий натяг води.
4. Поверхнево-неактивні речовини (ПНР)	<b>ПНР</b> – речовини, які зменшують поверхневий натяг води.
5. Правило Дюкло-Траубе	<b>Правило Дюкло-Траубе: в гомологічному ряді карбонових кислот, спиртів, амінів</b>

	<p><i>при збільшенні довжини вуглеводневого ланцюга на одну —CH<sub>2</sub>— групу поверхнева активність речовин збільшується в 3—3,5 рази.</i></p>
6. Адсорбція	<p><b>Адсорбція</b> – <i>самодовільний процес концентрування розчиненої речовини на межі поділу фаз.</i></p>
7. Рівняння Гіббса	<p><b>Рівняння Гіббса:</b> <math display="block">\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{\Delta\sigma}{\Delta C}</math></p>
8. Рівняння Ленгмюра	<p><b>Рівняння Ленгмюра:</b> <math display="block">\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot \frac{C}{C+K}</math></p>
9. Рівняння Фрейндліха	<p><b>Рівняння Фрейндліха:</b></p> $\frac{x}{m} = k \cdot c^{\frac{1}{n}}$
10. Адсорбційна терапія а. гемосорбція	<p><b>Гемосорбція</b> - метод безпосереднього очищення крові, при якому кров звільняють від токсинів шляхом пропускання її через колонку з адсорбентом.</p>
б. плазмосорбція	<p><b>Плазмосорбція</b> - пропусканні плазми через колонку з сорбентом, після чого очищена плазма з'єднується з форменими елементами і повертається в судинне русло.</p>
в. лімфосорбція	<p><b>Лімфосорбція</b> - пропускання лімфи через колонку з сорбентом і подальше введення її в судинну систему пацієнта.</p>
г. ентеросорбція	<p>При <b>ентеросорбції</b> сорбент потрапляє в ротову порожнину, проходячи через відділи системи травлення, адсорбує токсичні речовини і продукти метаболізму.</p>
д. аплікаційна терапія	<p><b>Аплікаційна терапія</b> сприяє загоєнню інфікованих ран і опіків, відновленню цілісності шкіри, а також слизових оболонок шляхом сорбційного поглинання токсинів з рани або зони опіку.</p> <p><b>Правило Панета-Фаянса:</b> на твердій кристалічній поверхні переважно</p>

<p>11. Правило Панета-Фаянса</p> <p><b>ХРОМАТОГРАФІЯ</b></p>	<p>адсорбуються йони, присутні в складі решітки або ізоморфні їм.</p> <p><i>Хроматографія — фізико-хімічний метод аналізу та розділення сумішей речовин, заснований на їх різному розподілі між двома фазами.</i></p>
<p>12. Хроматографія</p>	<p>1) За агрегатним станом фаз:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Газова хроматографія</li> <li>- Рідинна хроматографія</li> </ul>
<p>13. Класифікація хроматографічних методів аналізу:</p>	<p>2) За технікою виконання:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Адсорбційна хроматографія</li> <li>- Розподільна хроматографія</li> <li>- Йонообмінна хроматографія</li> <li>- Осадова хроматографія</li> <li>- Гель-фільтрація</li> </ul> <p>3) За механізмом розподілу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Паперова хроматографія</li> <li>- Тонкошарова хроматографія</li> <li>- Колоночна хроматографія</li> <li>- Капілярна хроматографія</li> </ul>

**Зміст теми:**

**1. 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.**

Поверхневі явища – процеси, що відбуваються на межі поділу фаз у гетерогенних системах.

Поверхневий натяг - енергія Гіббса, що приходить на одиницю площі поверхні.

$$\sigma = \frac{G_s}{S}$$

Ізотерма поверхневого натягу – графічна залежність поверхневого натягу від концентрації розчиненої речовини при сталій температурі.

ПАР зменшують поверхневий натяг води. До них відносяться карбонові кислоти, спирти, аміни.

ПНР зменшують поверхневий натяг води. Це деякі сильні електроліти

(неорганічні кислоти, основи, солі).

Правило Дюкло-Граубе: в гомологічному ряді карбонових кислот, спиртів, амінів при збільшенні довжини вуглеводневого ланцюга на одну  $\text{CH}_2$ -групу поверхнева активність речовин збільшується в 3—3,5 рази.

**2. 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 – самодовільний процес концентрування розчиненої речовини на межі поділу фаз.

Адсорбент - речовина, на поверхні якої відбувається адсорбція.

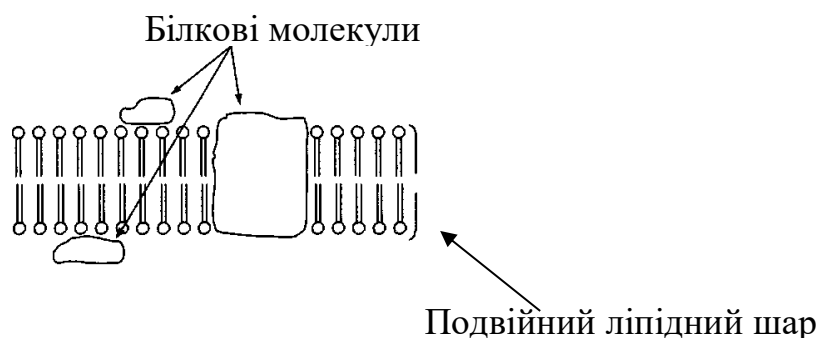
Адсорбат - речовина, яка адсорбується на поверхні адсорбенту.

Рівняння Гіббса: 
$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{\Delta\sigma}{\Delta C}$$

Орієнтація молекул поверхнево-активних речовин у поверхневому шарі: - при малих концентраціях ПАР полярні групи занурені в полярну рідину, а вуглеводневі радикали майже "лежать" на поверхні;

- із збільшенням концентрації ПАР ланцюги піднімаються і, як результат, при певній концентрації утворюють на поверхні **мономолекулярний шар ("частокіл Ленгмюра")**.

Клітинні мембрани являють собою **подвійний шар ліпідів** (гліколіпіди, холестерол та фосфоліпіди). Подвійний ліпідний шар містить в собі білкові молекули.



**3. Адсорбція на межі поділу тверде тіло-газ. Рівняння Ленгмюра.**

Ленгмюр припустив, що:

- адсорбція відбувається лише на певних центрах на поверхні;  
- на кожному з центрів може адсорбуватися лише одна молекула речовини;

- енергія зв'язків, що утворюються між поверхнею та молекулами речовини, є однаковою для всіх центрів.

Рівняння Ленгмюра: 
$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot \frac{C}{C + K}$$

**4. Адсорбція із розчину на поверхні твердого тіла. Фізична та хімічна адсорбція. Рівняння Фрейндліха.**

Фізична адсорбція здійснюється за рахунок сил Ван-дер-Ваальса — сил міжмолекулярної взаємодії.

Хімічна адсорбція (хемосорбція) зумовлена силами хімічної природи, при цьому на межі поділу фаз утворюються поверхневі сполуки між адсорбентом та адсорбатом.

Рівняння Фрейндліха:

$$\frac{x}{m} = k \cdot c^n$$

**5. Фізико-хімічні основи адсорбційної терапії (гемосорбція, плазмосорбція, лімфосорбція, ентеросорбція, аплікаційна терапія). Імуносорбенти.**

Гемосорбція – метод безпосереднього очищення крові, при якому кров звільняють від токсинів шляхом пропускання її через колонку з адсорбентом, підключену до системи циркуляції крові.

Плазмосорбція полягає в пропусканні плазми, відокремленої від формених елементів крові, через колонку з сорбентом, після чого очищена плазма з'єднується з форменими елементами і повертається в судинне русло.

Лімфосорбція полягає у пропусканні лімфи, виведеної з організму через грудну лімфатичну протоку на шиї, через колонку з сорбентом і подальшому введенні звільненої від токсичних речовин лімфи в судинну систему пацієнта.

Аплікаційна терапія сприяє загоєнню інфікованих ран і опіків, відновленню цілісності шкіри, а також слизових оболонок шляхом сорбційного поглинання токсинів з рани або зони опіку.

Ентеросорбція: сорбент потрапляє в ротову порожнину, після чого, проходячи з різною швидкістю через відділи системи травлення, він адсорбує токсичні речовини і продукти метаболізму.

**6. Адсорбція електролітів: специфічна (вибірنا) та іонообмінна. Правило Панета-Фаянса.**

Правило Панета-Фаянса: на твердій кристалічній поверхні переважно адсорбуються йони, присутні в складі решітки або ізоморфні їм.

Йонообмінна адсорбція — процес, при якому адсорбент та розчин обмінюються між собою в еквівалентних кількостях одноіменно зарядженими іонами.

**7. Йонообмінники природні та синтетичні. Роль адсорбції та іонного обміну в процесах життєдіяльності рослин і організмів.**

Йонообмінники - матеріали, здатні до обміну іонами з розчином.

Природні: ґрунт, глина, різні мінерали.

Синтетичні: *йонообмінні смоли*.

Різноманітні тканини рослинних та тваринних організмів мають катіонообмінні властивості у фізіологічному інтервалі рН.

Йонообмінні властивості притаманні структурним елементам клітин, а саме ядрам, мітохондріям, мембранам, мікосомам, сарколемам. Складовою частиною дії ферментів та функціонування біологічних мембран є іонний обмін.

## ХРОМАТОГРАФІЯ

*Хроматографія — фізико-хімічний метод аналізу та розділення сумішей речовин, заснований на їх різному розподілі між двома фазами., одна з яких нерухома (тверде тіло або рідина), а інша — рухома (газ або рідина), яка при цьому фільтрується крізь нерухому.*

**2. Класифікація хроматографічних методів аналізу за агрегатним станом фаз.**

Газова хроматографія: рухомою фазою є *газ-носій* (водень, гелій, аргон, азот). Нерухомою фазою може бути *нелетка рідина* (гліцерин, поліетиленгліколь) - *газо-рідинна хроматографія* або *твердий адсорбент* (силікагель, оксид алюмінію) - *газо-адсорбційна* хроматографія.

Рідинна хроматографія: рухомою фазою є *рідина*, а нерухомою — *рідина* або *тверде тіло*.

**3. Класифікація хроматографічних методів аналізу за технікою виконання.**

- Колонкова хроматографія: рухома фаза проходить крізь нерухому, що знаходиться у колонці.

- Капілярна хроматографія заснована на застосуванні капілярів, на внутрішні стінки яких наноситься рідка нерухома фаза, крізь яку проходить рухома фаза.

- Паперова хроматографія: розділення суміші компонентів, що знаходяться в рідкій фазі, відбувається на спеціально приготовленому папері, який виконує роль нерухомої фази.

- Тонкошарова хроматографія заснована на використанні в ролі нерухомої фази тонкого шару адсорбенту, нанесеного на хроматографічну платівку з інертного матеріалу (скло, алюмінієва фольга).

**4. Класифікація хроматографічних методів аналізу за механізмом розподілу.**

- Адсорбційна хроматографія: розділення сумішей речовин засноване на їх різній здатності до адсорбції на тому чи іншому адсорбенті (нерухомих фазі).

- Йонообмінна хроматографія заснована на різній здатності іонів, що

входять до суміші, яка аналізується, обмінюватися з іонами, що входять до складу іонообмінника (нерухома фаза).

- *Розподільча хроматографія* заснована на властивості речовин розподілятися між нерухомою фазою (рідина) та рухомою (газ чи рідина) у відповідності з їх *коефіцієнтами розподілу*.

- *Гель-проникна (молекулярно-ситова) хроматографія* заснована на різній здатності речовин проникати у пори геля, що виконує роль нерухомої фази.

- *Афінна (біоспецифічна) хроматографія*: розділення сумішей речовин засноване на властивості певних сполук "впізнавати" в суміші лише "свої" речовини і взаємодіяти з ними.

- *Осадова хроматографія* заснована на різниці в розчинності осадів, що утворюються в результаті хімічної взаємодії компонентів суміші з речовиною нерухомої фази

## **5. Застосування хроматографії в біології та медицині.**

Хроматографія застосовується з метою діагностики, клінічного контролю за перебігом лікування, контролю процесу детоксикації організму при отруєннях. Хроматографію застосовують у токсикологічній хімії, судовій медицині, криміналістиці та гігієні.

Застосування хроматографії дозволяє практично миттєво визначити вміст в крові алкоголю, наркотиків, летких речовин, що викликають токсикоманію. Цей метод використовується також і для допінг-контролю (виявлення стимулюючих речовин в організмі спортсменів).

## **II. Практична частина**

### **1. Лабораторна робота**

#### **Розділення сумішей хроматографічними методами**

#### **Дослід 1. Розділення катіонів $Fe^{3+}$ та $Cu^{2+}$ методом адсорбційної колонкової хроматографії**

*Матеріали та обладнання:* порошок алюміній оксиду, розчин ферум(III) хлориду –  $FeCl_3$  та розчин купрум(II) сульфату –  $CuSO_4$  однакової концентрації, дистильована вода, розведений розчин жовтої кров'яної солі -  $K_4[Fe(CN)_6]$ ; штатив, колонка (скляна трубка), вата, хімічні стаканчики, піпетка на 5 мл, пробірки, лійка, скляні палички.

*Умови проведення досліду:* Підготувати колонку для хроматографії: у сухій скляній трубці довжиною 12 – 15 см з діаметром 1 см закупорити ватою відтягнутий вузький кінець. Заповнити трубку порошком алюміній оксиду на 4 – 5 см по висоті, періодично постукуючи для запобігання утворення порожнеч. Підготовлену колонку вертикально закріпити у штативі. Знизу підставити хімічний стаканчик.

Відібрати по 3 мл розчинів ферум(III) хлориду і купрум(II) сульфату з однаковою молярною концентрацією еквівалента та змішати у пробірці. Одержану суміш обережно залити у колонку і залишити на деякий час.

Колонку із забарвленими шарами катіонів намалювати у протоколі практичної роботи.



Зробити висновок про залежність адсорбції катіонів на алюміній оксиді від заряду катіону. Обґрунтувати.

---

---

---

---

---

Для більшої наочності досліду можна після проходження розчину промити адсорбент невеликою кількістю води та пропустити через колонку проявник – розведений розчин жовтої кров'яної солі  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Тоді верхній шар забарвиться у темно-синій колір, а шар катіонів Купруму – у коричневий.

### Дослід 2. Проведення розподільної хроматографії амінокислот на папері

**Матеріали та обладнання:** розчини амінокислот (аланіну, гліцину) та розчин суміші цих амінокислот, розчини бутилового спирту, нінгідрину; хроматографічний папір, мікропіпетки, хімічний стаканчик, скляна паличка, олівець, лінійка, термостат.

**Умови проведення досліду:** На прямокутнику хроматографічного паперу з однієї сторони накреслити лінію на відстані 1 см від краю. На рівній відстані помітити та пронумерувати три крапки (місце старту).

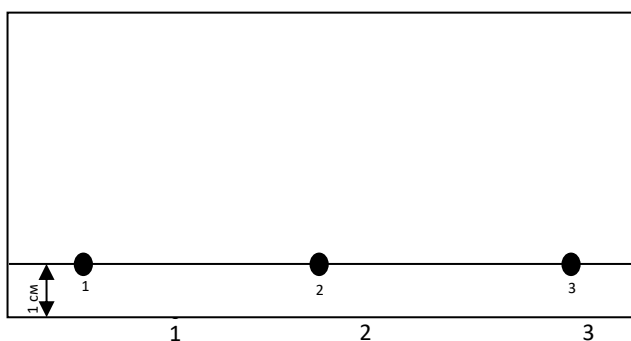


Рис.2. Хроматографічний папір з нанесеною лінією старту.

На намічені крапки мікропіпеткою нанести по краплі ( $d$  3 – 4 мм) відповідних розчинів амінокислот: гліцину, аланіну та їх суміші. Папір підсушити.

У хімічний стаканчик налити розчинник на висоту 0,5 см, в який занурити хроматографічний папір лінією старту вниз. Коли розчинник дійде майже до краю фільтра, вийняти папір, підсушити його та обробити проявником – розчином нінгідрину. Хроматограму підсушити до проявлення кольорових плям амінокислот.

Замалювати хроматограму, використовуючи рис.1.

За допомогою хроматограми визначити коефіцієнти розподілу амінокислот гліцину ( $R_f$  гліцину) та лейцину ( $R_f$  лейцину). Для цього лінійкою відміряти відстань від місця старту до середини плями кожної з амінокислот ( $r_1$  та  $r_2$ ) та відстань від місця старту до лінії фронту розчинника ( $r_p$ ).

Розрахувати коефіцієнти розподілу ( $R_f$ ) амінокислот за формулами:

$$R_f = \frac{r_1}{r_p}$$

де  $r_1$  – відстань від точки старту до середини плями гліцину, см;

$r_2$  – відстань від точки старту до середини плями лейцину, см;

$r_p$  – відстань від точки старту до лінії фронту розчинника, см.

---

---

Зробити висновок про розподіл амінокислот у залежності від полярності молекул.

**Висновок**

## Матеріали для самоконтролю:

### А. Завдання для самоконтролю:

1. Вказати, які з наведених факторів впливають на адсорбцію йонів твердим адсорбентом із водного розчину:

- 1) заряд йона;                      3) природа йона;                      5) маса адсорбента  
2) ступінь гідратації йона;      4) природа адсорбента;              6) загальний тиск.

2. Які із наведених речовин застосовуються у медицині як адсорбенти:

- 1) калій гексаціаноферат(III), калій перманганат  
2) магній гідрогенкарбонат, калій перманганат  
3) силікагель, активоване вугілля  
4) алюміній оксид, магній гідрогенкарбонат  
5) вугілля, сорбіт

3. Вибрати процеси, що лежать у основі хроматографічних методів дослідження:

- б) 1 – йонний обмін;              3 – адсорбція;                      5 – кристалізація;  
7) 2 – розчинення в воді;      4 – випаровування;              6 – розподіл між двома фазами.

2. Вибрати методи хроматографічного аналізу, що базуються на розподілі компонентів суміші між двома рідкими фазами:

- 1–газоадсорбційна хроматографія;      4 – адсорбційна колонкова хроматографія;  
2 – паперова хроматографія;              5 – тонкошарова хроматографія;  
3 – гель-хроматографія;                      6 – йонообмінна хроматографія.

### Б. Задачі для самоконтролю:

1. Вказати, із якого розчинника активоване вугілля (неполярний адсорбент) буде краще адсорбувати поверхнево-активну речовину. Діелектрична проникність розчинників показана в дужках.

- а) із води (80);                      в) із ацетону (20,7);  
б) із етанолу (25,2);              г) із гексану (1,9).

2. Вибрати йони, які за правилом Панета-Фаянса здатні адсорбуватися на поверхні кристалічного аргентум йодиду:

- а)  $\text{Ag}^+$ ;              б)  $\text{I}^-$ ;              в)  $\text{NO}_3^-$ ;              г)  $\text{Na}^+$ .

## Література

### Основна:

1. Музиченко В.П. Медична хімія. Медицина (Київ). – 2010. – 496 с.  
2. Миронович Л.М. Медична хімія: Навчальний посібник. – Київ: Каравела, 2008. – 159 с. (С. 107 – 128)

### Додаткова:

1. Миронович Л. М. Медична хімія : навч. посібник / Л. М. Миронович, О. О. Мардашко. - К. : Каравела, 2007. - 168 с.  
2. Мороз А.С. Медична хімія : підручник /, Д.Д. Луцевич, Л.П. Яворська. - Вінниця : Нова книга, 2006. - 776 с. (С.562 – 594)

## Інформаційні ресурси:

1. [https://vk.com/doc19208760\\_417420833?hash=bb0495b9a0632bc8cd&dl=5c21738880bffddcbd](https://vk.com/doc19208760_417420833?hash=bb0495b9a0632bc8cd&dl=5c21738880bffddcbd)