

**Біологічна хімія з
основами фізичної і
колоїдної хімії**

- **БІОЛОГІЧНА ХІМІЯ** – наука, що вивчає хімічну природу сполук, які входять до складу живих організмів, їх перетворення, а також зв'язок цих перетворень з діяльністю органів і тканин.

Фізична і колоїдна хімія

- Фізична хімія – вивчає зв'язок між хімічними і фізичними процесами, хімічні реакції, які супроводжуються фізичними явищами.
- Колоїдна хімія – вивчає властивості колоїдних систем.

- Розчини – це фізико-хімічні системи, які складаються з двох і більше компонентів: один з них зазвичай перевищує і називається розчинником, інші рівномірно розподіляються по всьому об'єму і називаються розчиненими речовинами.

Класифікація розчинів

- За агрегатним станом розчинника:
 - газоподібні (повітря, пар)
 - рідкі (мінеральні води, водний розчин глюкози)
 - тверді (різні види скла, кісткова тканина)
- Від розміру частин:
 - істинні (до 1 нм)
 - колоїдні (1-100 нм)
 - механічні суміші (більше 100 нм)

- За величиною молекулярної маси розчиненої речовини:
 - низькомолекулярні (водні розчини кислот, лугів)
 - високомолекулярні (розчини білків, нуклеїнових кислот)
- Від концентрації розчиненої речовини в розчиннику:
 - концентровані
 - розбавлені

Фізична хімія вивчає:

1. Дифузію
2. Осмос і осмотичний тиск
3. Каталіз
4. Властивості розчинів електролітів
5. Мембранний потенціал
6. Водневий показник
7. Буферні розчини

Дифузія

- **Дифузія** (від лат. diffusio — розповсюдження, розтікання) — самовільний процес розподілення молекул, атомів, іонів, колоїдних міцел у газах, рідинах та твердих речовинах, що приводить до встановлення рівномірної концентрації по всьому об'єму. Дифузія виникає в результаті хаотичного руху частин (молекул, атомів, іонів, міцел). Вона найшвидше перебігає в газах, повільніше — в рідинах і дуже повільно — в твердих тілах. Це пов'язано з відстанями між частинками (в газах вона найбільша, в рідинах — середня, в твердих тілах — найменша) і характером теплового руху частин в цих середовищах.

Закономірності дифузії

- Траєкторії руху частинок при дифузії представляють собою ламану лінію, так як під час переміщення частинка постійно стикається з іншими частинками і відхиляється від початкового напрямку. Дифузійне проникнення частинок, як правило, є повільнішим за їх рух. Дифузійна частина відбувається з областей найбільшої концентрації в області найменшої їх концентрації в даній гомогенній системі і продовжується до моменту рівномірного розподілу цих частинок по всьому об'єму розчинника. Потім вона закінчується і в системі зберігається хаотичний рух рівномірно розташованих частинок даної системи.

Швидкість дифузії

Швидкість дифузії збільшується при підвищенні температури і градієнта концентрації і зменшується при збільшенні в'язкості середовища (розчинника) і розміру частин, що дифундують.

Збільшення розміру частин або молекулярної маси призводить до зменшення коефіцієнту дифузії.



- Дифузія широко розповсюджена в природі. Вона лежить в основі багатьох технологічних процесів — адсорбції, цементації, конденсації, розчинення, кристалізації, діалізу, осмосу та ін. З дифузією пов'язано також багато біологічних процесів у живому організмі: всмоктування продуктів перетравлення в травному каналі, дихання, виділення продуктів метаболізму, проведення нервових імпульсів, живлення клітин та ін.

Дифузія в нашому житті

- Консервація
- Сварка металів
- Фарбування тканин
- Цементация
- Приготування їжі
- Дифузія в тканинах тварин та рослин



Осмо́с

- це одностороння дифузія розчинника через напівпроникну мембрану в сторону більшої концентрації розчиненої речовини (а значить і осмотичного тиску). Тобто осмос – це один із видів дифузії. Напівпроникною називається мембрана, яка вільно пропускає молекули розчинника і не пропускає частинки розчиненої речовини.
- Тиск, який створюється частинками розчиненої речовини на напівпроникну мембрану називається осмотичним тиском.

- Онкотичним називають тиск, який створюється колоїдними частинками на напівпроникну мембрану. Часто онкотичним називають тиск, який створюється білками крові. Його величина невелика і складає $\sim 1\%$ від загальної величини осмотичного тиску крові.

Осмотичний тиск можна виміряти за допомогою осмометру, а також непрямими методами:

- **кріоскопічним** — основаним на вимірюванні пониження температури замерзання розчину порівняно з чистим розчинником.
- **ебуліоскопічним** — основаним на вимірюванні підвищення температури кипіння розчину порівняно з чистим розчинником.

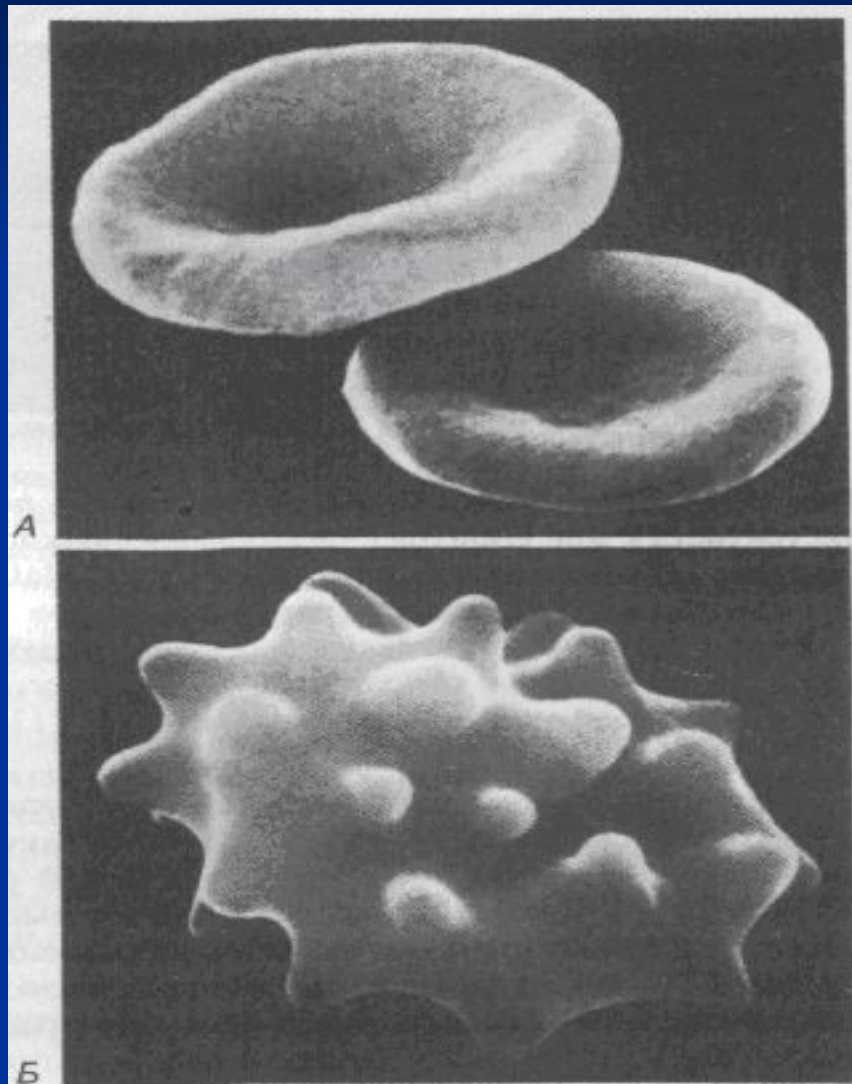
Ізотонічні розчини

- Розчини з осмотичним тиском, рівним осмотичному тиску клітин, і не призводять до зміни об'єму клітин. Найпростішим ізотонічним розчином є 0,85 %-й розчин NaCl.

Гіпертонічні розчини

- Розчини з більш високим осмотичним тиском, ніж у клітинах. В таких розчинах вода виходить з клітин, що приводить до їх зморщування.

А. Нормальні еритроцити у формі двоввігнутого диску;
Б. Зморщені еритроцити в гіпертонічному сольовому розчині.



Гіпотонічні розчини

- Розчини з більш низьким осмотичним тиском, ніж у клітинах, тому в період ендосмосу розчинник через плазматичну мембрану проникає всередину клітини, її об'єм збільшується, мембрана розривається і вміст виходить в середовище. Якщо клітини представлені еритроцитами, то відбувається гемоліз — гемоглобін виходить в розчин.

Значення осмосу для тварин

- Для організму людини і тварин характерним є постійний осмотичний тиск — *ізоосмія*. Це виражається в осмотичному тиску таких біологічних рідин як кров, лімфа та ліквор (спинномозкова рідина). Його величина — 0,66 — 0,8 МПа. Пониження осмотичного тиску внаслідок введення в організм великої кількості води або втрати солей призводить до патології — виникає блювання, судоми, втрата свідомості, смерть. Підвищення осмотичного тиску призводить до перерозподілення води в організмі — виникають набряки (у підшкірній клітковині), особливо при фасціольозі, хворобах серця (перикардити), нирок (нефрити) та ін.

Регуляція сталості осмотичного тиску

- за рахунок роботи органів виділення
- за допомогою деяких гормонів (гуморальний шлях регуляції)
- зміна проникності клітинних мембран (за рахунок різних механізмів, в т.ч. і гормональним шляхом)

Біологічна дія іонів

- це специфічний, якісний вплив іонів на клітини

Висновки Жака Леба:

- Більш виражену біологічну дію на клітини проявляють не аніони, а катіони.
- Іони ізольовано (кожний окремо) навіть в ізотонічній концентрації діють на клітини згубно, отруйно.
- При змішуванні іонів (особливо різновалентних) їх отруйна дія взаємно нейтралізується, що й було названо іонним антагонізмом.

- Дослідження Жака Леба створили передумови для створення фізіологічно еквіліброваних розчинів, тобто розчинів, які здатні довготривалий час підтримувати нормальну життєдіяльність ізольованих органів, тканин, клітин та ін. Вони повинні бути, по-перше, ізотонічними внутрішньому середовищу організму, і, по-друге, еквіліброваними – тобто містити набір різних іонів, в концентраціях, що взаємно врівноважують їх дію на клітини.
- Відомі різні фізіологічні розчини: Рінгера (для роботи з органами холонокровних тварин), Рінгер-Локка (для роботи з органами теплокровних тварин), Рінгер-Тіроде (для роботи з кишківником теплокровних тварин) та ін.

Дисоціація води

- Вода — універсальний розчинник для більшості мінеральних і органічних речовин. Організм тварини в середньому містить 65,9 % води, жива клітина — 85, кора головного мозку — 83,3, біологічні рідини — до 99,5 %. Вода — слабкий електроліт. Вона дисоціює на іони гідрогену та гідроксилу:



Водневе число

Кислотність, обумовлена наявністю в середовищі (або в розчині) вільних іонів H^+ , називається *активною кислотністю*.

Існує декілька способів вираження концентрації H^+ :

- За допомогою водневого числа або sH (цей символ було названо вченим Л. Міхаелісом у 1905 р.). Він показує абсолютну концентрацію іонів водню в розчині та виражається числом 10 у від'ємному степені (від 10^{-1} до 10^{-14} г/іон/л).

$sH = 10^{-7}$ – середовище нейтральне

$sH > 10^{-7}$ ($10^{-1} - 10^{-6}$) – середовище кисле

$sH < 10^{-7}$ ($10^{-8} - 10^{-14}$) – середовище лужне

Водневе число є не зовсім зручним в практичному використанні, тому було запропоновано другий спосіб вираження концентрації H^+ .

- За допомогою водневого показника або рН (величина, що характеризує концентрацію (активність) іонів водню в розчинах). Цей показник запропонував С. Серенсен у 1909р. Він чисельно дорівнює від'ємному десятковому логарифму концентрації (активності) іонів H^+ , яка виражається в моль/л:

$$pH = -\lg cH = -\lg H^+$$

(позначається цілими числами від 1 до 14)

$pH = 7$ – середовище нейтральне
 $pH < 7$ (1 – 6) – середовище кисле
 $pH > 7$ (8 – 14) – середовище лужне

Методи визначення рН

- Колориметричний
- Електрометричний

Колориметричний метод

- В основі лежить використання індикаторів. Індикатори – це слабкі органічні кислоти або основи, що здатні змінювати або інтенсивність забарвлення, або його характер залежно від рН середовища.
- Для кожного індикатора існує характеристика – зона переходу (або зона віражу) – це інтервал значень рН, в межах якого індикатор «працює», тобто змінює забарвлення, а значить можна визначити значення рН.

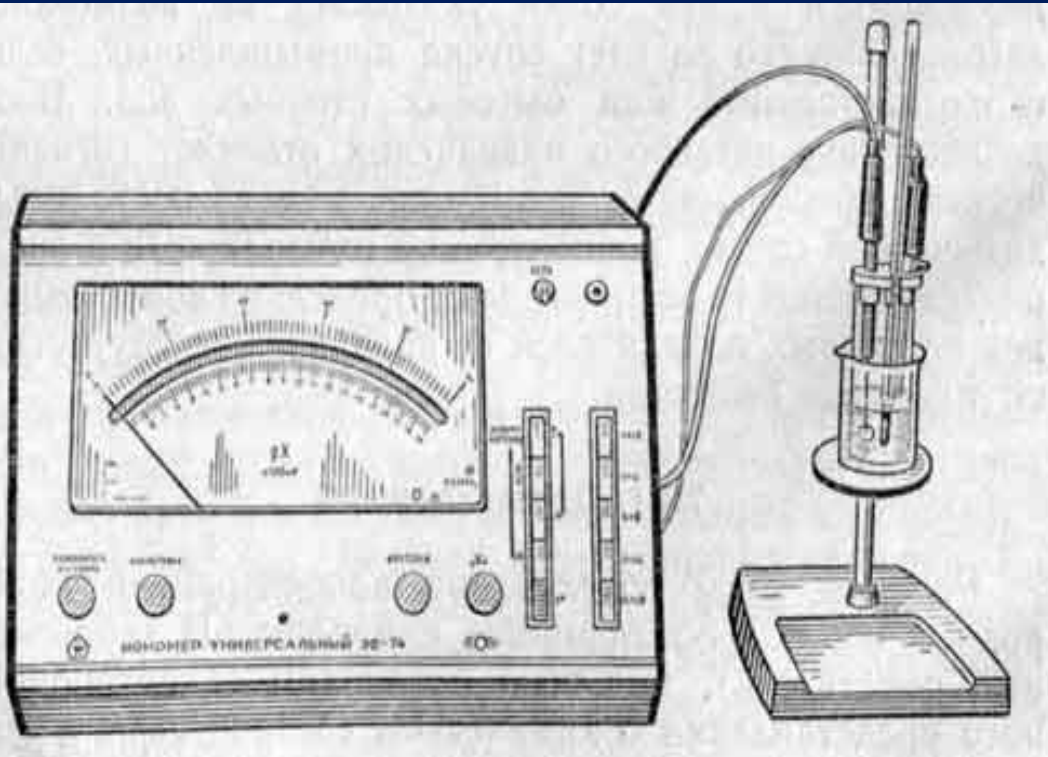
Зміна кольору різних індикаторів (рН)

ІНДИКАТОР	КОЛІР ІНДИКАТОРА В СЕРЕДОВИЩІ		
	КИСЛЕ	ЛУЖНЕ	НЕЙТРАЛЬНЕ
ЛАКМУС	ЧЕРВОНИЙ	СИНІЙ	ФІОЛЕТОВИЙ
ФЕНОЛФТАЛЕЇН	БЕЗБАРВНИЙ	МАЛИНОВИЙ	БЕЗБАРВНИЙ
МЕТИЛОВИЙ ОРАНЖЕВИЙ	РОЖЕВИЙ	ЖОВТИЙ	ОРАНЖЕВИЙ



Електрометричний метод

- полягає у використанні спеціальних приладів – рН-метрів
- Їх робота основана на вимірюванні електрорухомої сили (ЕРС) гальванічного елемента, в якого потенціал одного електроду відомий (він є постійним), а другого змінюється залежно від рН розчину, в який ми його занурюємо.



рН крові деяких тварин

<u>Об'єкт дослідження</u>	рН
Кров людини	7,3—7,4
Кров різних ссавців.....	7,2—7,5
Птахів.....	7,2—7,5
Жаби	7,8
Рака річкового.....	7,7
Різних равликів	7,7—7,8
Комах.....	6,6—8,0
Тканинна рідина морських їжаків	7,7—7,8
Морська вода	8,1—8,3

Біологічна роль рН

Концентрація H^+ і OH^- іонів дуже важлива для нормального функціонування живої системи, так як вона в першу чергу, впливає на наступні процеси:

- На стан білкових молекул.
- На активність ферментів, які в організмі виконують роль біологічних каталізаторів.
- На проникність клітинних мембран.

Сталість рН внутрішнього середовища організму регулюється за допомогою буферних систем.

Буферні розчини

- це розчини, які здатні стійко підтримувати рН при додаванні невеликої кількості кислоти (або лугу), а також при їх розведенні.
- За складом буферні розчини бувають наступними:
 - Суміш СЛАБКОЇ кислоти та її солі з СИЛЬНОЮ основою.

Наприклад:



- Суміш СЛАБКОЇ основи та солі цієї основи з СИЛЬНОЮ кислотою.



- Суміш СОЛЕЙ багатоосновної кислоти, з яких одна сіль більш кисла, а інша більш основна.



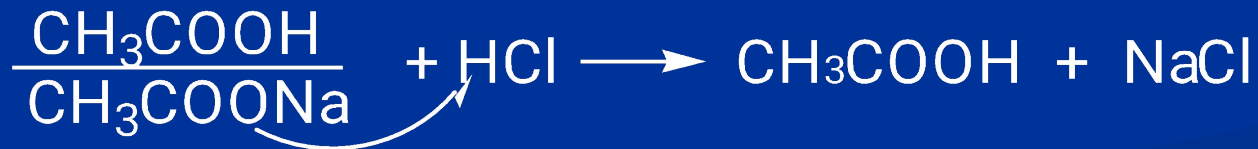
- АМФОТЕРНІ сполуки (білкові буфери, амінокислотні)

Значення буферних розчинів

- Буферні розчини знаходяться у водах світового океану, ґрунтових розчинах та живих організмах. Буферні розчини виконують функції регуляторів, які підтримують активну реакцію середовища при певному значенні, що є необхідним для успішного перебігу реакцій обміну речовин.
- Буферні розчини бувають кислотні та основні (лужні). Прикладом перших може бути ацетатна буферна система, других – амонійна.
- Розрізняють природні та штучні буферні розчини. Природним буферним розчином є кров, яка містить гідрокарбонатну, фосфатну, білкову, гемоглобінову та амінокислотну буферні системи. Штучним буферним розчином може бути ацетатний буфер, що складається з CH_3COOH і CH_3COONa .

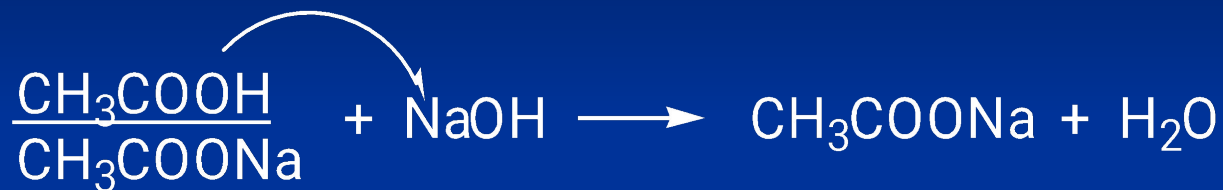
Механізм дії

- При додаванні невеликої кількості НСІ до ацетатного буферу змін рН в кислу сторону не відбувається, так як НСІ вступає в реакцію обмінного розпаду з сіллю слабкої кислоти:



(іони H^+ виявилися зв'язаними в складі CH_3COOH)

- При додаванні невеликої кількості лугу (основи) до складу буферу відбувається реакція, в результаті якої спостерігається нейтралізація лугу:



(іони OH^- виявилися зв'язаними в складі H_2O)

Властивості буферів

- **Буферність** – здатність зберігати стабільність концентрації іонів H^+ при додаванні до буферного розчину певної кількості сильних кислот або основ (механізм дії показано на прикладі ацетатного буферу).
- Кожний буферний розчин має певне значення рН. рН буферу залежить від ПРИРОДИ речовин, з яких він складається, від ступеню дисоціації, а також від їх СПІВВІДНОШЕННЯ.
Розбавлення НЕ впливає на рН буферного розчину, так як, розбавляючи буфер, ми розбавляємо обидва компоненти і при цьому співвідношення між ними не змінюється.

- **Буферна ємність** – це сила буферної дії. Вона залежить від концентрації компонентів буфера: чим вище концентрація, тим вище буферна ємність. А тому при розбавленні буфера його буферна ємність змінюється: вона зменшується пропорційно ступеню розбавлення.

Вимірюється буферна ємність шляхом титрування і виражається в кількості г/екв. кислоти або основи (лугу), які необхідно додати до буферного розчину в об'ємі 1 л, щоб змінити його рН на 1.

Значення сталості рН

- Концентрація іонів H^+ має важливе значення для перебігу багатьох біохімічних процесів в організмах тварин і рослин. Водневий показник різних біологічних рідин коливається від 1,1 до 9, крові — 7,2 - 7,95. При деяких захворюваннях активна реакція крові зміщується в кислу (виразка шлунку та 12-типалої кишки) або в лужну (пневмонії, сепсис) сторони.
- Зміщення реакції середовища крові в кислу сторону називається ацидозом, в лужну — алкалозом. При ацидозі підвищується вміст аніонів в організмі та величина рН може зменшуватися на 0,2—0,5. Це призводить до коматозного стану та загибелі тварини.
- Здатність крові нейтралізувати кислі продукти, які надходять до неї, називається резервною лужністю (або лужним резервом) крові. Показник залежить від лужного резерву буферів, що входять до складу крові.

Причини ацидозу

- Внутрішні. Це порушення обміну речовин, що пов'язані з утворенням великої кількості кислих продуктів. Наприклад, порушення вуглеводно-ліпідного обміну, які супроводжуються кетозами (за типом цукрового діабету в людини) та ін.
- Зовнішні. Це надходження з кормами (їжею) великої кількості кислих продуктів (кислий силос, зіпсовані корми та ті, що перебродили та ін.).

При ацидозі розрізняють 2 види (або 2 стадії):

- *Компенсований ацидоз* – коли захворювання вже почало розвиватися, але ще носить прихований характер, так як ще не спостерігаються зміни рН в кислу сторону. Але при цьому вже дуже знижена (порівняно з нормою) резервна лужність крові.
- *Некомпенсований ацидоз*. При ньому резервна лужність крові рівна нулю (тобто повністю вичерпана) і фіксується приладами вимірювання рН крові в кислу сторону.

- **Алкалоз** спостерігається рідше, ніж ацидоз.

Причинами може бути:

- стан лихоманки, коли висока частота дихання може призвести до видалення з організму значних кількостей вуглекислоти;
- інтенсивна блювота (при цьому відбувається видалення разом з блювотною масою значної кількості HCl);
- вдихання парів лужних продуктів (типу амоніаку).