

Частина 1. **MOLECULAR AND CELLULAR PRINCIPLES**
ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ТА КЛІТИННОЇ ТЕОРІЙ

Розділ 2. **Biomolecular Principles**

Основи біохімії та молекулярної біології

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте властивості кислот та основ. Для розгорнутої відповіді буде доцільно скористатися додатковою літературою.
2. Поясніть, чому полярні молекули гідрофільні, а неполярні гідрофобні?
3. Поясніть, чому міжмолекулярним зв'язком для біомолекул є водневий зв'язок, враховуючи, що водневі зв'язки значно слабші за ковалентні.
4. Опишіть, що відбувається з ентропією під час реакції полімеризації. Обґрунтуйте вашу відповідь.
5. Поясніть різницю між пасивним та активним обміном енергії. Чому активний обмін необхідний для деяких іонів?
6. Нормальний сольовий розчин (0.9% NaCl по масі) використовується для внутрішньовенного введення ліків або для зволоження очей. Обґрунтуйте, яким є цей розчин по відношенню до біологічних рідин людини – ізотонічний, гіпертонічний або гіпотонічний.
7. Уявіть, що ви попали на безлюдний острів і у вас немає питної води. З точки зору осмосу обґрунтуйте, чому ви будете пити воду з річки або

джерела, але не морську воду. Використовуйте терміни, які описують осмотичний тиск.

8. Яким чином гіпервентиляція (часті глибокі вдихи) порушує рівновагу $\text{HCO}_3^- / \text{H}_2\text{CO}_3$ і до чого вона призводить у результаті – до ацидозу чи алкалозу?

9. Індивідуальне завдання – реферат на тему «Муковісцидоз».

Муковісцидоз – це спадкове захворювання. Опишіть, в чому полягає вада хворих на муковісцидоз та як ця вада маніфестує захворювання.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Наведіть приклади реакції конденсації для синтезу:

- а) дисахариду з двох моносахаридів,
- б) дипептиду з двох амінокислот,
- в) динуклеотиду з двох нуклеотидів.

2. Поділіть наступні сполуки на дві групи (кислоти та основи):

- а) NH_3 , б) H_3PO_4 , в) LiOH , г) HCOOH (formic acid), д) H_2SO_4 , е) HF ,
- ж) Ba(OH)_2 .

3. Складіть графічні хімічні формули наданих сполук та визначте, якими є їх молекули – полярними або неполярними. Для полярних молекул вкажіть частковий заряд відповідних атомів.

- а) Вуглекислота (CO_2).
- б) Тетрахлорид вуглецю (CCl_4).
- в) Соляна кислота (HCl).
- г) Аміак (NH_3).
- д) Кисень (O_2).

4. Такі амінокислоти, як тирозин, серин та треонін можна піддіти процесу фосфорилування (приєднання фосфатної групи). Фосфорилування – важливий механізм активації/деактивації ензимів. Використовуючи хімічні формули тирозину, серину та треоніну, складіть їх графічні хімічні формули.

Для кожної сполуки:

- а) визначте кожен функціональну групу у молекулі,
- б) встановіть, чи здатна молекула створювати водневі міжмолекулярні зв'язки,

в) вкажіть частковий заряд відповідних атомів.

5. Для кожної реакції визначте кислоту та спряжену основу. Розрахуйте pK_a для кожної кислоти. Розташуйте реакції у порядку сили кислоти – від сильних до слабких. Константа кислотної іонізації наведена для кожної реакції.



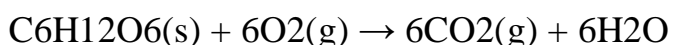
6. Розрахуйте концентрацію іонів водню $[H^+]$ у шлунковому соці та крові. Яке узагальнення ви можете зробити стосовно співвідношення концентрації іонів водню $[H^+]$ з водневим показником (pH)?

7. Напишіть реакцію дисоціації для розчину плавикової кислоти HF (0.45 M; $K_A = 6.8 \times 10^{-4}$). Визначте ступінь іонізації та водневий показник pH розчину.

8. Водневий показник (pH) 0.1 M розчину оцтової кислоти – 2.885. Визначте константу дисоціації оцтової кислоти.

9. Визначте pH буферного розчину, який складається з 0.20 M пропіонової кислоти ($HC_3H_4O_2$) та 0.1 M пропіонату натрія ($NaC_3H_4O_2$). Константа кислотної іонізації пропіонової кислоти $K_A = 1.3 \times 10^{-5}$.

10. Вуглеводи, які містяться у їжі – це джерело енергії. Нижче наведена реакція окислення глюкози ($C_6H_{12}O_6$):



Завдання.

а) Розрахуйте стандартну ентальпію реакції. Стандартна теплота утворення сполуки наведена у Додатку В, Таблиця В.2.

б) Визначте, яким є процес (екзотермічним чи ендотермічним) та розрахуйте кількість теплоти (kcal), який виділяється при окисленні одного граму глюкози.

в) Розрахуйте зміну енергії Гіббса ΔG° при температурі 37°C для реакції з ентропією ΔS° is $212 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ [$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$]. Чи є ця реакція екзергонічною (мимовільною)?

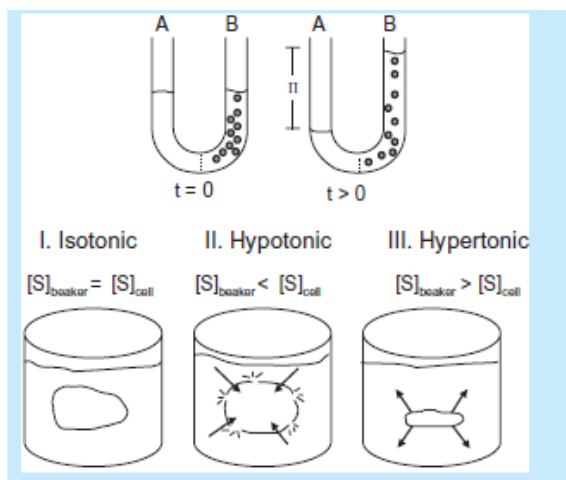
11. Вода та розчин хлориду натрію (NaCl) розділені у сполучених посудинах (див. рис.) напівпроникною мембраною, яка пропускає воду. Хлорид натрію розчинений у чистій воді (8 г NaCl на 0,5 л води); з іншого боку мембрани – чиста вода. Складіть схему стану рідин у посудині, як на прикладі.

Завдання.

а) Вкажіть напрямок руху води.

б) Розрахуйте осмотичний тиск при температурі води 25°C .

в) Якщо об'єм рідин у частинах А та В посудини однаковий та рідини знаходяться у рівновазі, у якій частині рівень рідини буде вище?



12. Перша стадія гліколізу – це перетворення глюкози у глюкозо-6-фосфат.

Розрахуйте константу рівноваги реакції для температури 25°C .

Визначте, яким є процес (екзергонічним чи ні). Якщо процес є екзергонічним (мимовільним), за рахунок чого буде відбуватися наступна реакція:



$$\Delta G^\circ = 3.3 \text{ kcal/mol}$$

13. Для відтворення фізіологічних умов експерименти проводяться при $\text{pH} = 7.4$ часто з використанням фосфатного буферного розчину.

Завдання.

а) Розрахуйте співвідношення концентрації іонів HPO_4^{2-} до іонів H_2PO_4^- .

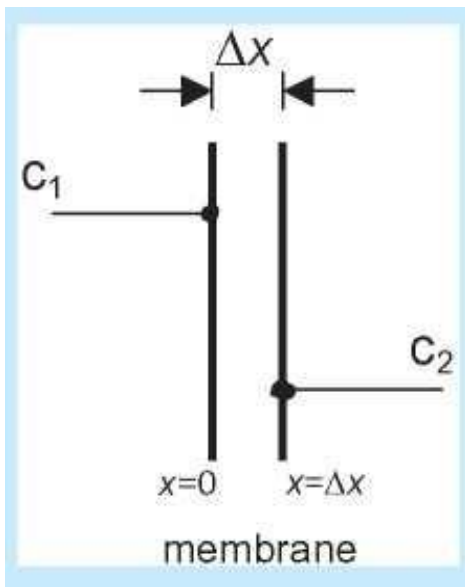
б) Розрахуйте масу NaH_2PO_4 , необхідну для приготування буферного розчину при об'ємі $0.10 \text{ M Na}_2\text{HPO}_4$ (aq) $500,00$ мл.

14. Приблизно розрахуйте швидкість проникнення ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{s}$) стероїду через ліпідну двошарову мембрану при його дифузії. Коефіцієнт дифузії стероїду прийміть у межах $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$, концентрацію ззовні мембрани – $1 \text{ ng}/\text{mL}$, з внутрішньої сторони – $0 \text{ ng}/\text{mL}$.

15. Для умовної мембрани з товщиною шару Δx (див. рис.) подайте у графічному вигляді залежність концентрації сполуки у розчині від різних параметрів.

а) Побудуйте графік залежності концентрації сполуки у розчині від x при сталому стані.

б) Схематично зобразіть розподіл концентрації у процесі досягнення сталого стану. Для цього прийміть початкову концентрацію сполуки у розчині перед мембраною як C_2 , далі рахуйте, що концентрація перед лівим шаром (at $x = 0$) миттєво піднялась до C_1 . Зобразіть розподіл концентрації безпосередньо після досягнення C_1 . Зобразіть розподіл концентрації у будь-який момент перед досягненням сталого стану.



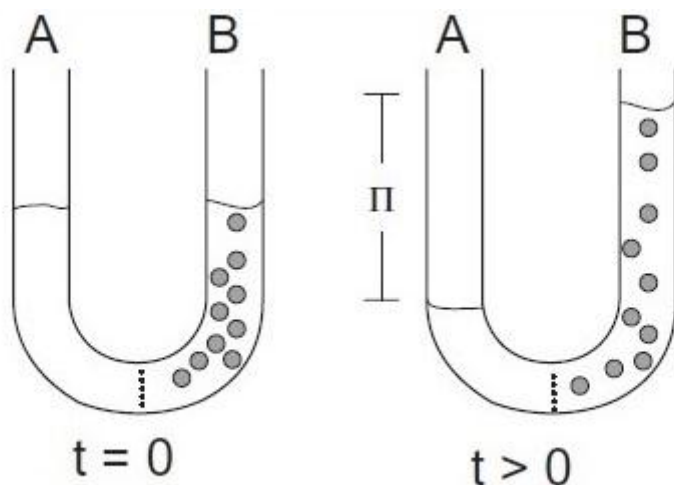
16. Розчин глюкози (1M) розділений від розчинів фруктози (0.2 M) та сахарози (0.7 M) мембраною, яка непроникна для вуглеводів. Визначте, з якої сторони мембрани розчин початково буде гіпертонічним, а з якої гіпотонічним; вкажіть напрям руху води.

17. Розгляньте сполучені посудини (див. рис.), у яких коліна А та В роз'єднані мембраною, яка пропускає воду та глюкозу, але не пропускає сахарозу. Ліве коліно (А) заповнено розчином сахарози (2,0 M) та глюкози (1,0 M). Праве коліно (В) заповнено розчином сахарози (1,0 M) та глюкози (2,0 M).

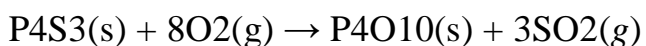
Завдання.

а) Які зміни ви будете спостерігати під час руху системи до рівноваги?

б) У яку сторону буде відбуватися рух молекул через мембрану під час процесу досягнення системою рівноваги? Молекули якої сполуки будуть рухатися?



18. Один з компонентів головок «безтеркових» сірників – трисульфід тетрафосфору P_4S_3 . При горінні відбувається наступна реакція:



$$\Delta H^{\circ}_f (P_4S_3) = -155 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f (O_2) = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f (P_4O_{10}) = -2942 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f (SO_2) = -296.8 \text{ kJ/mol}$$

Завдання.

- Розрахуйте стандартну ентальпію реакції.
- Побудуйте діаграму зміни стандартної ентальпії.
- Обґрунтуйте, яким є процес (екзотермічним чи ендотермічним).

19. Нижче наведена реакція розпаду карбонату кальцію $CaCO_3$ зі значеннями стандартної ентальпії та ентропії реагентів.



	$CaCO_3(s)$	$CaO(s)$	$CO_2(g)$
ΔH°_f (kJ/mol)	-1206.9	-635.1	-393.5
ΔS (kJ/mol)	92.9	38.2	213.7

Завдання.

- а) Розрахуйте значення ΔH°_f для реакції.
- б) Розрахуйте значення ΔS для реакції.
- в) Обґрунтуйте, чи буде розпад спонтанним при температурі 25°C та 1000°C ?
- г) Розрахуйте константу рівноваги для температур 25°C та 1000°C .

20. Нижче наведена реакція утворення сечовини з аміаку NH_3 та вуглекислоти CO_2 . Стандартне значення зміни енергії Гіббса ΔG° при температурі 25°C – -13.6 kJ/mol .



Завдання.

- а) Виразіть константу рівноваги K через молярні концентрації реагентів та продуктів.
- б) Виразіть константу рівноваги K через зміну енергії Гіббса ΔG° та температуру.
- в) Визначте константу рівноваги K для температури 25°C .

21. Оцтова кислота CH_3COOH (складова столового оцту) – типовий приклад слабкої кислоти. Оцтова кислота частково іонізується у воді.

Завдання.

- а) Напишіть реакцію, при якій дисоціація кислоти у спряжену основу та іон водню досягне рівноважного стану.
- б) Надайте вираз для константи рівноваги оцтової кислоти.
- в) Розрахуйте константу дисоціації K_A для рівноважного стану розчину з концентраціями $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.15\text{M}$, $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0.15\text{M}$, and $[\text{H}^+] = 1.63\text{mM}$.
- г) Розрахуйте pK_a оцтової кислоти.

22. Розгляньте розчин мурашиної кислоти HCHO_2 ($\text{p}K_A = 3.76$), який у вихідному стані має концентрацію 42 мМ. Мурашина кислота – це слаба кислота та частково іонізується у воді.

Завдання.

- а) Напишіть реакцію, при якій дисоціація кислоти досягне рівноважного стану.
- б) Визначте концентрацію спряженої основи та іонів водню H^+ у стані рівноваги.
- в) Визначте ступінь іонізації.

23. Дисоціація слабких кислот відбувається наступним чином:



Надайте визначення константи кислотної іонізації як константи рівноваги; далі покроково виведіть рівняння Гендерсона-Хассельбаха.

Рівняння Гендерсона-Хассельбаха для бікарбонатної буферної системи крові має наступний вигляд:

$$\text{pH} = 6.1 + \log \left[\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \right]$$

Завдання.

- а) Розрахуйте співвідношення $[\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$ для крові з $\text{pH}=7.38$.
- б) Обґрунтуйте, у якому стані знаходиться пацієнт (алкалозу чи ацидозу).
- в) Опишіть, за рахунок чого організм повертає pH крові до фізіологічного значення.