

№ 5 Кисотно-основна рівновага в організмі та водневий показник біологічних рідин

1. Актуальність теми

Кисотно-основна рівновага в організмі підтримується завдяки електролітам. Всі біологічні рідини, такі як плазма крові, шлунковий сік, внутрішньоклітинна та позаклітинна рідина, спинномозкова рідина, секрет залоз є розчинами електролітів.

Біологічні рідини організму – кров, лімфа, шлунковий сік, сеча, слина тощо мають різні значення рН у нормі. Зміна складу біологічних рідин, у тому числі показника рН, характеризує порушення функцій органів.

рН біологічних рідин впливає на активність ферментів та гормонів, що регулюють біохімічні перетворення в крові та відповідних органах. Зміна рН крові порушує структуру й функції ферментів і гормонів, що порушує регуляцію обміну речовин, викликає накопичення недоокислених токсичних продуктів, отруєння і може призвести до смерті.

Визначення рН дозволяє виявити різні види патології, правильно поставити діагноз та обґрунтовано проводити профілактичні та лікувальні заходи.

У біології, медицині та фармації широко застосовується потенціометричний метод визначення рН, що має ряд переваг, порівняно з індикаторним; він точніший (дає змогу вимірювати рН з точністю 0,02 – 0,05); а також дає можливість вимірювати рН багатокомпонентних систем та забарвлених розчинів.

Компетентності

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, здатність вчитися і бути сучасно навченим.

Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Здатність до вибору стратегії спілкування; здатність працювати в команді; навички міжособистісної взаємодії.

Здатність до здійснення саморегуляції, ведення здорового способу життя, здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

Здатність спілкуватися рідною мовою як усно, так і письмово.

Прагнення до збереження навколишнього середовища

2. Конкретні цілі

Характеризувати електроліти та протолітичні реакції.

Визначати водневий показник середовища індикаторами та рН-метром.

Аналізувати принцип методу потенціометрії та роботи висновки щодо його використання в медико-біологічних дослідженнях.

Робити висновки щодо кислотності біологічних рідин на підставі водневого показника.

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

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
1. Анатомія	Володіти знаннями про утворення HCl у шлунку.
2. Іноземна мова	Володіти базовими знаннями іноземної мови. Бути здатним спілкуватись іноземною мовою. Застосовувати іноземну мову в професійній діяльності.
3. Медична та біологічна фізика	Пристрої для знімання медико-біологічної інформації (електроди).

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. Електроліти:	Електроліти – це речовини, які проводять електричний струм як у розплавленому стані, так і в розчинах.
а) сильні;	- сильними є електроліти, ступінь дисоціації яких близький до 1 або 100 % (> 30 %): (HCl, H ₂ SO ₄ , NaOH та ін.);
б) слабкі.	- слабкими є електроліти, ступінь дисоціації яких < 3 % (H ₂ S, HCN та ін.).
2. Реакція нейтралізації.	Реакція нейтралізації – це реакція взаємодії між кислотою й основою з утворенням солі і води.
3. Гідроліз солей.	Гідролізом називають реакцію обміну йонів солі з водою, що призводить до утворення слабких електролітів.
4. Йонний добуток води.	Йонний добуток води – добуток концентрацій йонів H ⁺ і OH ⁻ : $K(\text{H}_2\text{O}) = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ моль}^2/\text{л}^2.$
5. Водневий показник рН.	Водневий показник рН – це від'ємний десятковий логарифм концентрації йонів Гідрогену.
6. Норма рН:	
а) сироватки крові;	рН сироватки крові 7,36 ± 0,04
б) шлункового соку.	рН шлункового соку 0,9 – 2,0.

4.2. Теоретичні питання до заняття:

1. Електроліти в організмі людини. Ступінь та константа дисоціації слабких електролітів. Властивості розчинів сильних електролітів.
2. Типи протолітичних реакцій. Реакції нейтралізації, гідролізу та іонізації.
3. Гідроліз солей.
4. Ступінь гідролізу, залежність його від концентрації та температури.
5. Константа гідролізу.
6. Дисоціація води. Йонний добуток води.
7. Водневий показник рН. Значення рН для різних рідин людського організму в нормі та при патології.

4.3. Практичні роботи (завдання), що виконуються студентами на занятті:

Дослід 1. Реакція нейтралізації

У пробірку налити 3 – 4 мл розчину натрій гідроксиду, додати 2 – 3 краплі фенолфталеїну. Потім долити розчин сульфатної кислоти до знебарвлення.

Пояснити явища, які відбуваються, і записати відповідне рівняння реакції.

Дослід 2. Реакції гідролізу солей

У 4 пробірки налити по 2 – 3 мл розчинів Na_2CO_3 , ZnSO_4 , NaCl і $\text{CH}_3\text{COONH}_4$. Дослідити реакцію середовища даних розчинів за допомогою універсального індикаторного папірця, індикаторів метилового оранжевого і фенолфталеїну. Результати досліджень записати в таблицю.

Таблиця

Розчин солі	Забарвлення індикатора			Вид середовища	Величина рН розчину
	універсальний індикаторний папірець	метиловий оранжевий	фенолфталеїн		
Na_2CO_3 ZnSO_4 NaCl $\text{CH}_3\text{COONH}_4$					

Чи всі солі піддаються гідролізу? Обґрунтуйте.

Складіть рівняння гідролізу солей в молекулярній та йонній формах. Вкажіть рН середовища, обґрунтуйте, порівняйте з отриманими результатами в таблиці.

Дослід 3. Вплив температури на ступінь гідролізу

У дві пробірки налити по 2 – 3 мл розчину натрій ацетату і додати 2 – 3 краплі фенолфталеїну. Одну із пробірок з розчином нагріти до кипіння. Порівняти забарвлення холодного та гарячого розчинів. Охолодити пробірку під струменем води і спостерігати зміну забарвлення розчину. Пояснити спостереження та написати рівняння реакції.

Дослід 4 .Визначення рН біологічних рідин потенціометричним методом на йонмірії

- у хімічний стаканчик з біологічною рідиною занурити електрод;
- відмітити значення рН, що з'являється на табло;

Обробка результатів та оформлення протоколу лабораторної роботи:

1) Точне значення рН біологічної рідини занести в таблицю.

Таблиця

№ вимірювання	Вид біологічної рідини	рН	a_{H^+} , моль/л	$K(H_2O)$	a_{OH^-} , моль/л	рОН	Вид середовища
1							
2							
3							

2) За точними значеннями рН для кожної біологічної рідини обчислити активність катіонів Гідрогену a_{H^+} :

$$pH = -\lg a_{H^+}.$$

3) Оскільки значення йонного добутку води $K(H_2O)$ є сталим, знайти для кожної біологічної рідини активність гідроксид-йонів з формули:

$$K(H_2O) = a_{H^+} \cdot a_{OH^-} = 10^{-14},$$

$$a_{OH^-} = \frac{10^{-14}}{a_{H^+}}$$

4) Розрахувати для кожної біологічної рідини значення рОН за формулою:

$$pOH = -\lg a_{OH^-}.$$

1) Результати розрахунків занести в таблицю. Записати висновок про вид середовища для кожної біологічної рідини в таблицю.

Дослід 2. Визначення водневого показника середовища індикаторами

У кожному пробірці налити розчин, що вказаний в таблиці і додати відповідний індикатор.

Таблиця

№	Пробірка	Індикатор	Забарвлення	pH	Вид середовища
1	1 мл HCl	2 кр. метилоранжу			
2	1 мл NaOH	2 кр. метилоранжу			
3	1 мл HCl	2 кр. фенолфталеїну			
4	1 мл NaOH	2 кр. фенолфталеїну			

У кожній пробірці відмітити забарвлення, визначити значення pH і зробити висновок про вид середовища. Дані спостережень занести в таблицю.

Зміст теми (тези):

1. Електроліти в організмі людини. Ступінь та константа дисоціації слабких електролітів. Властивості розчинів сильних електролітів

Електроліти – це речовини, які проводять електричний струм як у розплавленому стані, так і в розчинах.

До них належать деякі основи та солі, наприклад, KCl, NaCl, LiF, CaCl₂, KOH, NaOH а також аміак, органічні кислоти.

У плазмі крові вміст катіонів, в основному макроелементів – Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ становить 154 ммоль/л. На неорганічні аніони: Cl⁻, HCO₃⁻, H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ та SO₄²⁻ припадає 133 ммоль/л, а решта 21 ммоль/л – це аніони органічних кислот та макройони білків.

Електролітична дисоціація – це розщеплення сполуки на йони внаслідок її взаємодії з розчинником.

Ступінь дисоціації електроліту – це відношення числа молекул, що продисоціювали, до загального числа молекул електроліту

Сильні електроліти (HCl, H₂SO₄, NaOH та ін.) $\alpha > 0,3(30\%)$; слабкі електроліти (H₂S, HCN та ін.) $\alpha < 0,03(3\%)$.

Закон розбавлення Оствальда формулюється так:

Ступінь дисоціації слабого бінарного електроліту зростає при розбавлянні розчину, оскільки це сприяє дисоціації електролітів.

Сильні електроліти

Для характеристики розчинів сильних електролітів замість концентрації йонів користуються їх активністю.

Активність йонів – це їх ефективна або умовна концентрація, яка виявляє себе за конкретних фізико-хімічних умов.

2. Типи протолітичних реакцій. Реакції нейтралізації, гідролізу та іонізації

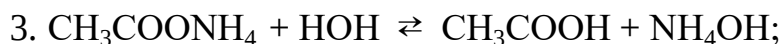
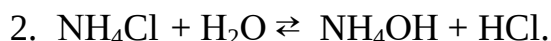
1. Реакція нейтралізації: $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.

2. Реакція гідролізу солі – це реакція взаємодії солі з водою.

3. Реакція іонізації: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$.

3. Гідроліз солей

1. $\text{CH}_3\text{COOK} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH}$.



4. Ступінь гідролізу, залежність його від концентрації та температури

Ступінь гідролізу зростає зі зменшенням концентрації солі в розчині.

З підвищенням температури ступінь гідролізу зростає.

5. **Константа гідролізу** – це відношення йонного добутку води до константи дисоціації речовини.

1. Дисоціація води. Йонний добуток води

Спрощене рівняння дисоціації води: $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$.

Добуток концентрацій йонів H^+ і OH^- є величиною постійною і називається **йонним добутком води $K(\text{H}_2\text{O})$** :

$$K(\text{H}_2\text{O}) = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ моль}^2/\text{л}^2 (t = 25^\circ \text{C}).$$

2. Водневий показник рН. Значення рН для різних рідин людського організму в нормі та при патології

Водневий показник рН – це від'ємний десятковий логарифм концентрації йонів Гідрогену: $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$.

У нормі рН сироватки крові становить $7,36 \pm 0,04$.

Зміна рН крові порушує структуру й функції ферментів і гормонів, що порушує регуляцію обміну речовин, викликає накопичення недоокислених токсичних продуктів, отруєння і може призвести до смерті.

У нормі рН слини становить $5,6 - 7,9$. Зміщення рН слини в кислу сторону призводить до розвитку карієсу, а зміщення рН слини в лужну сторону призводить до утворення каменів.

При виразах шлунка рН шлункового соку зміщується в кислу сторону

Матеріали для самоконтролю:

А. Завдання для самоконтролю:

1. Вибрати групу солей, що піддаються гідролізу при розчиненні у воді:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| а) натрій хлорид, амоній сульфат; | в) калій нітрат, кальцій ацетат; |
| б) калій ціанід, натрій карбонат; | г) амоній ацетат, натрій сульфат. |

2. Вказати вид середовища, що створюється при розчиненні цинксульфату в воді:

- | | |
|-----------|--|
| а) кисле; | в) нейтральне; |
| б) лужне; | г) у залежності від концентрації солі. |

3. Пояснити залежність ступеня гідролізу від температури і концентрації солі:

- а) ступінь гідролізу не залежить від температури і концентрації;
б) ступінь гідролізу збільшується при збільшенні концентрації і

температури;

в) ступінь гідролізу зменшується при збільшенні концентрації і температури;

г) ступінь гідролізу зменшується при збільшенні концентрації і збільшується зі зростанням температури.

4. Вказати, як пов'язані між собою значення рН і рОН у розчині:

а) $\text{pH} = \text{pOH}$;

б) $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

в) $\text{pH} \cdot \text{pOH} = 7$;

г) $\text{pH}/\text{pOH} = 1$.

5. Пояснити, як може впливати зміна рН біологічної рідини на фізіологічні процеси:

а) залежить від виду біологічної рідини;

б) при збільшенні рН швидкість процесів зростає;

в) при збільшенні рН швидкість процесів зменшується, а при зниженні рН швидкість зростає;

г) зміна рН може змінити швидкість процесу, або зовсім його припинити.

6. Пояснити, чому знижується рН у зоні запалення:

а) у зоні запалення утворюються продукти неповного окиснення органічні кислоти;

б) у зоні запалення різко сповільнюється відток продуктів метаболізму;

в) у зоні запалення пригнічується окиснення і зростає відновлення;

г) у зоні запалення рН не змінюється, бо його значення не залежить від прямого процесів метаболізму

Б. Задачі для самоконтролю:

1. Вибрати правильне коротке йонне рівняння реакції гідролізу натрій карбонату:

а) $\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{H}^+$;

в) $\text{Na}^+ + \text{OH}^- = \text{NaOH}$;

б) $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{CO}_3$;

3

г) $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}^- + \text{OH}^-$.

2. рН секрету підшлункової залози дорівнює 8,5. Чому дорівнює молярна концентрація йонів гідроксиду рОН?

3. рН шлункового соку дорівнює 2. Розрахувати $c(\text{H}^+)$, $c(\text{OH}^-)$ а також рН його при розведенні в 10 та 100 разів.

4. Молярна концентрація йонів Гідрогену шлункового соку дорівнює 10^{-2} моль/л. Чому дорівнює рОН?

Література

Основна:

1. Медична хімія: підручник для ВНЗ / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, В.І. Галинська та ін.; за ред. проф. В.О. Калібабчук. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 336 с. (С. 104 – 108, 112 – 120).
2. Медична хімія / В.О. Калібабчук, Л.І. Грищенко, В.І. Галинська, С.М. Гождзінський, Т.О. Овсянікова, В.А. Самарський. – К.: «Інтермед», 2006, – 460 с. (С. 134 – 140, 145 – 155).
3. Харченко С.В. Медична хімія. – Полтава: Полтавський літератор, 2014. – 212 с. (С. 43 – 49).

Додаткова:

1. Миронович Л. М. Медична хімія: Навчальний посібник. – Київ: Каравела, 2008. – 159 с. (С. 42 – 45).
2. Миронович Л. М. Медична хімія: навч. посібник / Л. М. Миронович, О. О. Мардашко. – К. : Каравела, 2007. – 168 с.
3. Мороз А.С. Медична хімія: підручник / , Д.Д. Луцевич, Л.П. Яворська. – Вінниця: Нова книга, 2006. – 776 с. (С. 129 – 138, 143 – 161).
4. Музиченко В.П. Медична хімія. Медицина (Київ). – 2010. – 496 с.
5. Порецький А.В., Баннікова-Безродна О.В., Філіппова Л.В. Медична хімія: Підручник. – К.: ВСВ “Медицина”, 2012 – 384 с.

Інформаційні ресурси:

1. https://vk.com/topic-99110031_32698780
(1. Медична хімія: Підр. для вузів / В.О. Калібабчук, Л.І. Грищенко, В.І. Галинська та ін.; Під ред. В.О. Калібабчук. – К.: Інтермед, 2006, – 460 с. (С. 134 – 155).
2. Мороз А.С. Луцевич Д.Д., Яворська Л.П. Медична хімія/ Видання друге, стереотипне/.– Вінниця: НОВА КНИГА, 2008. – 776 с.). (С. 129 – 161).

2. www.umsa.edu.ua

(веб-сторінка Української медичної стоматологічної академії).

Методичну вказівку підготувала

науковий ступінь, вчене звання
прізвище, ім'я, по батькові

підпис