

№ 18. ЕЛЕКТРОДНІ ПОТЕНЦІАЛИ.

1. Актуальність теми

Вивчення механізму виникнення електродного, дифузійного, мембранного, окисно-відновного потенціалів та їх залежності від різних чинників дає змогу зрозуміти закономірності перебігу більшості біохімічних реакцій. Вимірювання біопотенціалів покладене в основу таких важливих діагностичних методів, як електрокардіографія, електроенцефалографія тощо, а за величиною ЕРС визначають вміст фізіологічно-активних йонів (H^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^-) у біологічних рідинах та тканинах організму.

Електрохімічні методи аналізу (полярографія, потенціометричне та амперометричне титрування) знайшли широке застосування в медико-біологічних дослідженнях. Тому знання основ електрохімії необхідне лікарю для повноцінної практичної діяльності.

Компетентності навчання, формуванню яких сприяє дисципліна

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

Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

Знати стандартні методики проведення фізико-хімічних (лабораторних та інструментальних) досліджень біологічних систем організму та зовнішнього середовища людини. Вміти аналізувати та обґрунтовано оцінювати результати фізико-хімічних (лабораторних та інструментальних) досліджень біологічних систем організму та зовнішнього середовища людини. Нести відповідальність за прийняття рішення щодо оцінювання результатів фізико-хімічних (лабораторних та інструментальних) досліджень біологічних систем організму та зовнішнього середовища людини.

Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

Здатність розв'язувати типові та складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності у галузі охорони здоров'я, або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується комплексністю та невизначеністю умов та вимог.

Здатність спілкуватися рідною мовою як усно, так і письмово. Використовувати при фаховому та діловому спілкуванні та при підготовці документів рідну мову.

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.

2. Конкретні цілі

Пояснювати механізм утворення електродних потенціалів.

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

Вміти вимірювати окисно-відновні потенціали та прогнозувати напрямок окисно-відновних реакцій.

Вимірювати електрохімічні характеристики розчинів.

Розрахунок електродних та редокс-потенціалів.

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

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
1. Медична та біологічна фізика	Описувати і застосовувати електроди. Вимірювати потенціали. Володіти поняттям мембранні потенціали. Описувати електрокардіографію.
2. Українська мова за професійним спрямуванням	Володіти досконалими знаннями рідної мови. Бути здатним спілкуватися рідною мовою як усно, так і письмово.
3. Іноземна мова за професійним спрямуванням	Застосовувати при фаховому та діловому спілкуванні та при підготовці документів рідну мову.
4. Латинська мова та медична термінологія	Володіти базовими знаннями іноземної мови. Бути здатним спілкуватись іноземною мовою.
5. Безпека життєдіяльності, основи біоетики та біобезпеки	Застосовувати іноземну мову в професійній діяльності. Володіти медичною термінологією на латинській мові. Бути здатним до здійснення саморегуляції, ведення здорового способу життя, бути здатним до адаптації та дії в новій ситуації.

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. Електрод.	Електрод – провідник (метал), занурений у розчин електроліту.
2. Електродний потенціал.	Електродний потенціал – різниця потенціалів (стрибок потенціалів) на межі поділу фаз електрод – розчин.
3. Рівняння Нернста.	$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \ln a(\text{Me}^{n+}),$ або

4. Окисно-відновний електрод.	$\varphi = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \lg a(\text{Me}^{n+}).$ Окисно-відновні, або редокс-електроди – це напівелементи, які складаються з інертного провідника (платина, золото, графіт тощо), зануреного в розчин, де є окиснена та відновлена форми однієї й тієї самої речовини.
5. Рівняння Петерса.	$\varphi_{\text{ок відн}} = \varphi_{\text{ок відн}}^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a(\text{ок})}{a(\text{відн})}.$
6. Гальванічний елемент.	Гальванічний елемент – прилад, у якому енергія хімічної реакції перетворюється в електричну енергію. Він складається з двох електродів.
7. Електрохімічні процеси в порожнині рота.	Якщо в ротовій порожнині знаходяться протези, виготовлені з різних металів, то при змочуванні їх ротовою рідиною утворюється гальванічний елемент. Електричний струм, який виникає під час його роботи, призводить до появи патологічного стану, який називають гальванозом.

4.2. Теоретичні питання до заняття:

1. Електропровідність розчинів слабких електролітів. Кондуктометричне визначення ступеня і константи йонізації слабких електролітів.
2. Електродні потенціали та електрорушійні сили.
3. Вимірювання електрорушійної сили та електродних потенціалів, вивчення впливу температури, рН та природи середовища.

Зміст теми (тези):

1. Електродні потенціали та механізм їх виникнення

Електрод – провідник (метал), занурений у розчин електроліту.

Електродний потенціал – різниця потенціалів (стрибок потенціалів) на межі поділу фаз електрод – розчин.

2. Рівняння Нернста. Нормальний (стандартний) електродний потенціал

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \ln a(\text{Me}^{n+}), \quad \text{або} \quad \varphi = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \lg a(\text{Me}^{n+}).$$

Нормальний (стандартний) електродний потенціал (φ^0) – це електродний потенціал, який виникає при зануренні металевої пластинки в розчин з активністю йонів металу 1 моль/л.

3. Нормальний водневий електрод

Нормальний водневий електрод – це платинова пластинка, занурена в розчин сульфатної кислоти, активність йонів H^+ в якому дорівнює 1 моль/л. Через розчин пропускають водень під тиском 101,3 кПа.

4. Вимірювання електродних потенціалів. Електроди визначення та електроди порівняння. Хлорсрібний електрод. Йонселективні електроди. Скляний електрод

Електрод визначення – це електрод, потенціал якого визначають. Прикладом йонселективного електроду є скляний електрод. При зануренні йонселективного електрода в досліджуваний розчин через мембрану проходять вибірково тільки певні йони, концентрацію яких визначають.

Електрод порівняння – це електрод з відомим значенням електродного потенціалу. Наприклад, **хлорсрібний електрод** зі сталим значенням потенціалу + 0,2 В. Хлорсрібний електрод – це срібна дрітина з нанесеним на неї шаром аргентум хлориду, занурена в розчин KCl.

5. Гальванічні елементи. Електрохімічні процеси в порожнині рота

Гальванічний елемент – прилад, у якому енергія хімічної реакції перетворюється в електричну енергію. Він складається з двох електродів.

Якщо в ротовій порожнині знаходяться протези, виготовлені з різних металів, то при змочуванні їх ротовою рідиною утворюється гальванічний елемент. Електричний струм, який виникає під час його роботи, призводить до появи патологічного стану, який називають гальванозом.

6. Роль окисно-відновних реакцій в процесах життєдіяльності

Від субстратів (вуглеводів чи жирів) відщеплюються протони Гідрогену та електрони, що переносяться до кисню з утворенням кінцевих продуктів H_2O і CO_2 , що сприяє утворенню енергії АТФ.

7. Окисно-відновний потенціал як міра окисної та відновної здатності систем

Чим більш від'ємне значення окисно-відновного потенціалу, тим більшим відновником є система і навпаки.

8. Рівняння Петерса. Нормальний окисно-відновний потенціал

$$\varphi_{\text{ок|відн}} = \varphi_{\text{ок|відн}}^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a(\text{ок})}{a(\text{відн})}.$$

$\varphi_{\text{ок|відн}}^0$ – нормальний окисно-відновний потенціал.

9. Прогнозування напрямку окисно-відновних реакцій за величинами окисно-відновних потенціалів. Значення окисно-відновних потенціалів у механізмі процесів біологічного окиснення

Чим більше від'ємне значення редокс-потенціалу, тим краще система віддає електрони і навпаки.

Системи, що беруть участь у перенесенні протонів H^+ і електронів у процесі біологічного окиснення, характеризуються зміною потенціалу від -0,42 до +0,81 В.

10. Сутність методу потенціометрії

Для визначення рН потенціометричним методом складають гальванічний елемент з двох електродів. Вимірюють електрорушійну силу цього гальванічного елемента на спеціальних приладах потенціометрах.

Матеріали для самоконтролю:

А. Завдання для самоконтролю:

1. Вказати рівняння Нернста для нікелевого електрода при 298 К:

а) $\varphi = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \lg [\text{Ni}^{2+}]$; в) $\varphi = \varphi^0 - 0,059 \lg [\text{Ni}^{2+}]$;

б) $\varphi = \varphi^0 - \frac{0,059}{n} \lg [\text{Ni}^{2+}]$; г) $\varphi = \varphi^0 + 0,059 \lg [\text{Ni}^{2+}]$.

2. Вказати правильне визначення стандартного потенціалу металевого електрода:

- а) стандартним називається потенціал електрода, якщо концентрації всіх речовин, що беруть участь у електродному процесі, дорівнюють одиниці;
- б) стандартним називається потенціал електрода, якщо концентрації всіх речовин, що беруть участь у електродному процесі, є однаковими;
- в) стандартним називається потенціал електрода, якщо концентрація катіонів металу дорівнює одиниці, а температура й тиск є стандартними;
- г) стандартним називається потенціал електрода, що виміряний відносно стандартного водневого електрода.

3. Вибрати правильну характеристику окисно-відновного електрода:

- а) це метал, що занурений у розчин електроліту й обмінюється з ним іонами та електронами;
- б) це інертний метал, що занурений у розчин електроліту й обмінюється з ним електронами;
- в) це інертний метал, що занурений у окисно-відновну систему і є лише провідником електронів;
- г) це інертний метал, що занурений у окисно-відновну систему й обмінюється з нею іонами та електронами.

4. Вказати, окиснена форма якої окисно-відновної системи буде найбільш сильним окисником за стандартних умов:

- а) $\text{HBrO}_2 + \text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$; $\varphi^0 = 1,34$;
- б) $\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$; $\varphi^0 = 0,13$;
- в) $2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e}^- = \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$; $\varphi^0 = 0,19$;
- г) $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$; $\varphi^0 = 1,78$.

5. Вибрати кращий окисник для перетворення Fe^{2+} за стандартних умов у Fe^{3+} , якщо стандартний потенціал $\varphi_{\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}^{2+}}^0 = 0,771 \text{ В}$, а стандартні потенціали окисників вказані в дужках:

- а) KMnO_4 у кислому середовищі ($\varphi^0 = 1,51 \text{ В}$);
- б) KMnO_4 у нейтральному середовищі ($\varphi^0 = 0,58 \text{ В}$);
- в) HNO_2 ($\varphi^0 = 1,0 \text{ В}$);
- г) CuSO_4 ($\varphi^0 = 0,153 \text{ В}$).

6. Вказати пари електродів, що можуть бути застосовані в гальванічному колі для визначення рН:

- 1) скляний – хінгідронний;

- 2) водневий – нормальний водневий;
3) скляний – хлорсрібний;
4) хінгідронний – каломельний.
а) 2, 3, 4; б) 1, 3; в) 1, 2, 3; г) 1, 4.

Б. Задачі для самоконтролю:

1. Пояснити, в якому напрямку за стандартних умов буде самодовільно йти реакція: $2\text{NaCl} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightleftharpoons 2\text{FeSO}_4 + \text{Cl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, якщо

$$\varphi_{\text{Cl}_2|\text{2Cl}^-}^0 = 1,36\text{В}, \text{ а } \varphi_{\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}^{2+}}^0 = 0,771\text{В};$$

- а) зліва направо; в) реакція взагалі не буде йти;
б) справа наліво; г) реакція буде йти в обох напрямках.

2. Користуючись електрохімічним рядом напруг металів, вказати, які з реакцій будуть іти самодовільно за стандартних умов:

- 1) $\text{Zn}^{2+} + \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Zn}$; 3) $\text{Cd} + \text{Co}^{2+} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + \text{Co}$;
2) $\text{Mg} + \text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn} + \text{Mg}^{2+}$; 4) $2\text{Ag} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Pb} + 2\text{Ag}^+$.
а) 1, 2, 3; б) 2, 3; в) 4; г) 2.

3. Розрахувати потенціал водневого електрода, зануреного в розчин хлоридної кислоти, на титрування 10 мл якого витрачено 14,5 мл розчину з концентрацією натрій гідроксиду:

- а) 0,0685 В; б) –0,0435 В; в) 0,0495 В; г) –0,00985 В.

Література

Основна:

- Музиченко В.П. Медична хімія. Медицина (Київ). – 2010. – 496 с.
- Порецький А.В., Баннікова-Безродна О.В., Філіппова Л.В. Медична хімія: Підручник. – К.: ВСВ “Медицина”, 2012 – 384 с.

Інформаційні ресурси:

- <https://med-chemistry.umsa.edu.ua/resources/medichna-himiya-specialnist-223-medsestrinstvo-i-kurs-osvitno-profesiyna-programa-sestrinska-sprava-pershogo-bakalavrskogo-rivnya-vishchoyi-osviti>

(веб-сторінка Української медичної стоматологічної академії).