



Біомолекулярна електроніка

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	G – Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G22 – Біомедична інженерія
Освітня програма	Регенеративна та біофармацевтична інженерія
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ECTS (120 годин): лекції – 16 год., практичні заняття – 14 год., лабораторні роботи – 14 год., самостійна робота – 76 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / модульна контрольна робота
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор, практичні та лабораторні заняття: д.б.н., с.н.с., доц. Солдаткін Олександр Олексійович E-mail: alex_sold@yahoo.com
Розміщення курсу	Платформа «Сікорський»: посилання на конкретний електронний курс повідомляється здобувачам на першому занятті

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Що буде вивчатися

Фізико-хімічні та біоінженерні засади перетворення біомолекулярних взаємодій у вимірюваний електричний або оптичний сигнал; архітектура біосенсорів; біоселективні елементи на основі ферментів, антитіл, нуклеїнових кислот, клітин та інших біологічних компонентів; амперометричні, потенціометричні, кондуктометричні, імпедиметричні та оптичні перетворювачі; методи іммобілізації біологічного матеріалу; основні аналітичні характеристики біосенсорів; мультиферментні системи, мультибіосенсиори та сенсорні масиви; поверхневий плазмонний резонанс; сучасні портативні, носимі та комерційні біосенсорні системи. Значна увага приділяється експериментальному дослідженню біосенсорів і обґрунтованому вибору їх компонентів для конкретних біомедичних задач.

Чому це цікаво/треба вивчати

Біомолекулярна електроніка є одним із ключових напрямів сучасної біомедичної інженерії, що поєднує молекулярну біологію, біохімію, електрохімію, фізику, електроніку та аналітичні технології. Біосенсиори лежать в основі багатьох систем point-of-care діагностики, безперервного моніторингу фізіологічних показників, лабораторної аналітики, екологічного та технологічного контролю. Розуміння принципів роботи біоселективних елементів і фізичних перетворювачів дає змогу не лише користуватися готовими системами, а й обґрунтовано проєктувати нові біоінженерні пристрої та оцінювати їх придатність до практичного застосування.

Мета дисципліни

Формування у здобувачів системного розуміння принципів побудови та функціонування біосенсорних систем і набуття практичних умінь щодо вибору біоселективних елементів, фізичних перетворювачів і методів іммобілізації, експериментального визначення аналітичних характеристик біосенсорів, інтерпретації отриманих сигналів та обґрунтування інженерних рішень при створенні й застосуванні засобів біомолекулярної електроніки.

Предмет дисципліни

Фізико-хімічні закономірності біорозпізнавання та трансдукції сигналу, принципи побудови біосенсорів і біоелектронних систем, технології інтеграції біологічних компонентів із електрохімічними та оптичними перетворювачами, а також методи оцінювання їх функціональних і аналітичних характеристик.

Чому можна навчитися

Після опанування дисципліни здобувач зможе класифікувати біосенсиори за типом біорозпізнавання та перетворювача; пояснювати принципи роботи електрохімічних та оптичних біосенсорів; обирати метод іммобілізації біологічного матеріалу; будувати й аналізувати калібрувальні залежності; визначати чутливість, лінійний діапазон, межу виявлення, селективність, відтворюваність і стабільність; аналізувати дані амперометричних, потенціометричних, кондуктометричних, імпедиметричних і SPR-вимірювань; обґрунтовувати архітектуру біосенсорної системи під задану біомедичну задачу; оцінювати можливості мультисенсорних та портативних систем і чинники, що визначають їх трансляцію у практику.

Як можна користуватися набутими знаннями і уміннями

Набуті знання й уміння можуть застосовуватися у дослідницьких і виробничих лабораторіях, при розробленні та валідації біосенсорів, медичних виробів і систем point-of-care, під час вибору аналітичних методів для біомедичних, біотехнологічних і біофармацевтичних задач, при плануванні експериментів, оцінюванні характеристик біотехнічних систем, підготовці технічних завдань та виконанні кваліфікаційної роботи.

Вивчення освітнього компонента забезпечує/посилює такі загальні компетентності:

ЗК 01 – здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК 02 – здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

ЗК 03 – вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (науково-дослідного, науково-технічного, проєктного, виробничо-організаційного характеру), орієнтуючись зокрема на інноваційний сталий розвиток суспільства;

ЗК 05 – здатність працювати в міжнародному контексті.

Спеціальні (фахові) компетентності:

ФК 01 – здатність вирішувати комплексні проблеми біомедичної інженерії із застосуванням методів математики, природничих та інженерних наук;

ФК 04 – здатність створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для дослідження і розробки біоінженерних об'єктів та систем медико-технічного призначення;

ФК 09 – здатність використовувати інноваційні підходи у розробці біомедичних технологій на основі методів біомолекулярної, клітинної та тканинної інженерії.

Програмні результати навчання:

ПРН 03 – проєктувати, конструювати, вдосконалювати, застосовувати медико-технічні та біоінженерні вироби, прилади, апарати і системи (у т.ч. медичні вироби біологічного та біотехнологічного походження), а також налагоджувати їх виробництво, з дотриманням сучасних технічних вимог, а також супроводжувати їх експлуатацію;

ПРН 05 – створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для всебічного дослідження і розробки біоінженерних, біотехнічних та біофармацевтичних об'єктів та систем медико-технічного призначення;

ПРН 09 – розробляти та управляти проєктами науково-дослідних установ біоінженерного профілю, закладів охорони здоров'я, виробничих та логістичних об'єктів, що спеціалізуються на виготовленні та зберіганні медичних виробів та іншої продукції у системі охорони здоров'я, включаючи їх реконструкцію та модернізацію, на основі національних та міжнародних стандартів та настанов.

Примітка: перелік ЗК, ФК та ПРН відповідає редакції освітньо-професійної програми «Регенеративна та біофармацевтична інженерія» 2025 року.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: формальних пререквізитів навчальним планом не встановлено. Для успішного опанування дисципліни бажані базові знання з біохімії, молекулярної біології, біофізики, фізичної та колоїдної хімії, електротехніки/електроніки, аналітичних методів і математичної статистики, здобуті на першому (бакалаврському) рівні.

Постреквізити: результати навчання дисципліни використовуються під час проходження практики, виконання дослідницьких та проєктних завдань і підготовки магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Теми лекційних занять:

1. Вступ до біомолекулярної електроніки та біосенсорики. Архітектура біосенсора, типи біорозпізнавання і перетворення сигналу, сфери застосування.
2. Електрохімічні перетворювачі в біосенсорах: амперометричні, потенціометричні, кондуктометричні та імпедиметричні системи; польові транзистори як сенсорні елементи.
3. Оптичні біосенсори. Поверхневий плазмонний резонанс (SPR/LSPR), принципи безміткового детектування та аналізу біомолекулярних взаємодій.
4. Біоселективні елементи та методи іммобілізації біологічного матеріалу. Ферменти, антитіла, нуклеїнові кислоти, клітини; адсорбція, ковалентне зв'язування, включення та афінні підходи.
5. Аналітичні та експлуатаційні характеристики біосенсорів. Калібрування, чутливість, лінійний діапазон, межа виявлення, селективність, відтворюваність, стабільність, дрейф і біофулінг.
6. Мультиферментні біосенсори та інгібіторний аналіз. Ферментативні каскади, медіатори переносу електронів, підсилення сигналу та шляхи покращення характеристик.
7. Мультибіосенсори, сенсорні масиви та інтегровані біоелектронні платформи. Мікрофлюїдика, lab-on-chip, портативні та носимі системи.
8. Комерційні біосенсорні системи та трансляція розробок у практику. Валідація, відтворюваність, виробниче масштабування, клінічні/користувацькі вимоги та сучасні тенденції розвитку.

Теми практичних занять:

1. Класифікація та функціональна архітектура біосенсорів. Вибір біорецептора й перетворювача під задану біомедичну аналітичну задачу.
2. Електрохімічні біосенсори: аналіз принципів схем, робочих характеристик і типових сигналів; розрахунок та інтерпретація калібрувальних залежностей.
3. Оптичні та SPR-біосенсори: аналіз сенсограм, поняття асоціації/дисоціації, рефракційного індексу, специфічного та неспецифічного зв'язування.
4. Проєктування біоселективного шару: вибір біологічного компонента, поверхні та методу іммобілізації; оцінювання впливу іммобілізації на активність і стабільність.
5. Оцінювання аналітичних характеристик біосенсорів: чутливість, лінійний діапазон, межі виявлення/кількісного визначення, селективність, повторюваність, відтворюваність і стабільність.
6. Мультиферментні біосенсори, мультибіосенсори та сенсорні масиви: розв'язання ситуаційних задач щодо перехресної чутливості, інгібіторного аналізу та багатокомпонентного визначення.
7. Порівняльний аналіз комерційних і експериментальних біосенсорних платформ. Формування концепції біосенсорної системи під заданий сценарій застосування. Модульна контрольна робота.

Теми лабораторних робіт:

1. Амперометричний ферментний біосенсор на основі платинового дискового електрода для визначення глюкози: одержання калібрувальної характеристики та оцінювання чутливості.
2. Потенціометричний біосенсор на основі рН-чутливого польового транзистора: дослідження принципу перетворення сигналу та визначення модельного аналіту.
3. Кондуктометричний ферментний біосенсор для визначення сахарози: побудова калібрувальної залежності та аналіз селективності.
4. Електрохімічна імпедансна спектроскопія у біосенсориці: інтерпретація імпедансних спектрів і параметрів міжфазної межі електрод–розчин.
5. Біосенсор на основі поверхневого плазмонного резонансу для детектування специфічних олігонуклеотидних послідовностей: аналіз сенсограми та специфічності взаємодії.
6. Мультиферментний кондуктометричний біосенсор для інгібіторного визначення іонів важких металів у модельних розчинах: оцінювання інгібування та аналітичної відповіді.
7. Комплексне оцінювання робочих характеристик біосенсорної системи за експериментальними даними: калібрування, чутливість, лінійність, межа виявлення, повторюваність, селективність і стабільність.

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. Karakus S., ed. New Advances in Biosensing. London: IntechOpen; 2024. 178 p. DOI: 10.5772/intechopen.110990. <https://www.intechopen.com/books/12825>

2. Lee M.-J., Kim S., eds. Electrical and Electro-Optical Biosensors. Basel: MDPI; 2022. 152 p. DOI: 10.3390/books978-3-0365-3990-4. <https://www.mdpi.com/books/book/5649>
3. Mir M., ed. Biosensors for Diagnosis and Monitoring. Basel: MDPI; 2022. 318 p. DOI: 10.3390/books978-3-0365-3636-1. <https://www.mdpi.com/books/reprint/5299-biosensors-for-diagnosis-and-monitoring>
4. Zhang P., Wang R., eds. Label-Free Biosensor. Basel: MDPI; 2023. 274 p. DOI: 10.3390/books978-3-0365-7875-0. <https://www.mdpi.com/books/reprint/7502-label-free-biosensor>
5. Karakus S., ed. Current Developments in Biosensors and Emerging Smart Technologies. London: IntechOpen; 2025. 354 p. DOI: 10.5772/intechopen.1004971. <https://www.intechopen.com/books/1004226>

Додаткова література

1. Smutok O., Katz E. Biosensors: Electrochemical Devices—General Concepts and Performance. Biosensors. 2023;13(1):44. DOI: 10.3390/bios13010044. <https://www.mdpi.com/2079-6374/13/1/44>
2. Sun G., Wei X., Zhang D., Huang L., Liu H., Fang H. Immobilization of Enzyme Electrochemical Biosensors and Their Application to Food Bioprocess Monitoring. Biosensors. 2023;13(9):886. DOI: 10.3390/bios13090886. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10526424/>
3. Wang Q., Zhang D., Qian Y. et al. Research on Fiber Optic Surface Plasmon Resonance Biosensors: A Review. Photonic Sensors. 2024;14:240201. DOI: 10.1007/s13320-024-0703-7. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13320-024-0703-7>
4. D'Alton L., Souto D.E.P., Punyadeera C. et al. A holistic pathway to biosensor translation. Sensors & Diagnostics. 2024;3:1234–1246. DOI: 10.1039/D4SD00088A. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2024/sd/d4sd00088a>
5. Kurul F., Aydogan D., Janat S. et al. Wearable sensors for health monitoring: Current applications, trends, and future directions. Biosensors and Bioelectronics: X. 2026;28:100727. DOI: 10.1016/j.biosx.2025.100727.
6. Дзядевич С. В., Солдаткін О. П. Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів. Київ: Наукова думка, 2006.
7. Войтович І. Д., Корсунський В. М. Інтелектуальні сенсори. Київ: Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, 2007. 514 с.
8. Grimes C. A., Dickey E. C., Pishko M. V., eds. Encyclopedia of Sensors. California: American Scientific Publishers; 2006.
9. Cao L., Schmid R. D. Carrier-bound Immobilized Enzymes: Principles, Application and Design. Wiley-VCH; 2006. 578 p.
10. Thévenot D. R., Toth K., Durst R. A., Wilson G. S. Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification. Pure and Applied Chemistry. 1999;71(12):2333–2348.

Матеріально-технічне та програмне забезпечення

- лабораторні установки для амперометричних, потенціометричних/ISFET та кондуктометричних вимірювань;
- потенціостат/галваностат із можливістю електрохімічної імпедансної спектроскопії або навчальні масиви експериментальних даних;
- установка поверхневого плазмонного резонансу або навчальні сенсограми для аналізу;
- платинові/допоміжні/референтні електроди, сенсорні чипи, модельні розчини та реагенти відповідно до лабораторних протоколів;
- персональні комп'ютери з табличним процесором та/або Python/Jupyter/програмним забезпеченням приладів для побудови графіків, апроксимації й статистичного аналізу даних.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційний курс – 16 академічних годин (8 занять по 2 години). Лекції поєднують пояснювально-ілюстративний виклад, аналіз схем і сенсограм, короткі проблемні завдання та обговорення сучасних біосенсорних технологій.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Кількість відведених годин
Лекція 1	Вступ до біомолекулярної електроніки та біосенсорики. Визначення біосенсора та біоелектронної системи. Структура: аналіт, біоселективний елемент, перетворювач, електронний тракт, блок обробки даних. Класифікація за типом біорецептора і трансдукції.	2

	Основні сфери застосування: клінічна діагностика, point-of-care, моніторинг біопроцесів, довкілля і харчових продуктів. Історія розвитку та сучасні тенденції мініатюризації й інтеграції.	
Лекція 2	Електрохімічні перетворювачі в біосенсорах. Електродні процеси та перетворення біохімічної реакції в електричний сигнал. Амперометрія, потенціометрія, кондуктометрія, електрохімічна імпедансна спектроскопія. pH-чутливі та іон-чутливі польові транзистори. Фоновий струм, шум, поляризація, медіатори переносу електронів. Приклади глюкозних, уреазних та інших ферментних біосенсорів.	2
Лекція 3	Оптичні біосенсиори та поверхневий плазмонний резонанс. Фотометричні, флуоресцентні та рефрактометричні підходи. Основи SPR/LSPR, умови збудження поверхневих плазмонів, сенсорна поверхня, зміна показника заломлення. Безміткове визначення біомолекулярних взаємодій, сенсограма, асоціація і дисоціація, неспецифічне зв'язування, регенерація поверхні.	2
Лекція 4	Біоселективні елементи та іммобілізація. Ферменти, антитіла, рецептори, нуклеїнові кислоти, клітини та молекулярно-імпринтовані структури. Фізична адсорбція, ковалентне зв'язування, зшивання, включення у полімер/гель, афінна іммобілізація. Вплив способу іммобілізації на активність, доступність активного центру, дифузійні обмеження, стабільність і відтворюваність.	2
Лекція 5	Аналітичні та експлуатаційні характеристики біосенсорів. Калібрувальна залежність, чутливість, робочий і лінійний діапазони, межа виявлення, селективність, час відгуку, повторюваність, відтворюваність, операційна та складська стабільність. Дрейф, матричні ефекти, біофулінг. Основи валідації вимірювання та порівняння з референтним методом.	2
Лекція 6	Мультиферментні біосенсиори та інгібіторний аналіз. Ферментативні каскади, спряжені реакції, регенерація кофакторів, підсилення сигналу. Принципи інгібіторного аналізу. Переваги й обмеження багатоферментних систем. Вплив кінетичних та масопереносних факторів. Приклади визначення субстратів, кофакторів та інгібіторів	2
Лекція 7	Мультибіосенсиори, сенсорні масиви та інтегровані системи. Паралельне визначення кількох аналітів, перехресна чутливість і способи її компенсації. Сенсорні масиви, електронні носи/язики, мікрофлюїдні та lab-on-chip платформи. Інтеграція з портативною електронікою, бездротовою передачею даних, носимими й імплантованими системами	2
Лекція 8	Комерційні системи та трансляція біосенсорів. Від лабораторного прототипу до продукту: вибір біомаркера і матриці, аналітична та клінічна валідація, відтворюваність виробництва, стабільність реагентів, масштабування, користувацькі вимоги, стандартизація, економічні й регуляторні чинники. Приклади систем моніторингу глюкози та інших point-of-care платформ.	2
Всього		16

Практичні заняття – 14 академічних годин (7 занять по 2 години). На практичних заняттях виконуються розрахункові, аналітичні та проєктні завдання з обґрунтування структури біосенсорів, інтерпретації сигналів і оцінювання аналітичних характеристик.

№ з/п	Назва теми практичних робіт та перелік основних питань	Кількість відведених годин
Практичне заняття 1	Класифікація та архітектура біосенсора. Аналіз заданої біомедичної задачі, визначення аналіту і матриці, вибір біорецептора, перетворювача та способу формування сигналу. Порівняння альтернативних архітектур за селективністю, чутливістю, складністю та придатністю до point-of-care застосування	2
Практичне	Електрохімічні сигнали та калібрування.	2

заняття 2	Робота з типовими амперометричними, потенціометричними, кондуктометричними та імпедиметричними даними. Побудова калібрувальної залежності, визначення нахилу, робочого діапазону і впливу фону. Порівняння переваг різних електрохімічних перетворювачів.	
Практичне заняття 3	Оптичні та SPR-сенсограми. Інтерпретація зміни оптичного сигналу під час зв'язування аналіту, визначення базової лінії, фази асоціації/дисоціації, оцінка неспецифічного сигналу. Вибір умов контрольного експерименту.	2
Практичне заняття 4	Проектування біоселективного шару. Вибір способу іммобілізації для ферменту, антитіла або нуклеїнової кислоти з урахуванням природи поверхні, стабільності, орієнтації молекули та дифузійних обмежень. Аналіз можливих причин втрати активності.	2
Практичне заняття 5	Аналітичні характеристики та якість вимірювання. Розрахунок чутливості, лінійного діапазону, межі виявлення/кількісного визначення, коефіцієнта варіації, повторюваності та стабільності за навчальними наборами даних. Аналіз впливу інтерференції і матричного ефекту.	2
Практичне заняття 6	Мультисенсорні системи. Розбір задач багатокомпонентного визначення. Вибір набору біоселективних елементів, аналіз перехресної чутливості, способи нормування й порівняння сигналів. Розгляд мультиферментних каскадів та інгібіторних схем.	2
Практичне заняття 7	МКР	2
Всього		14

Лабораторні роботи – 14 академічних годин (7 робіт по 2 години). До виконання лабораторної роботи допускаються здобувачі, які пройшли інструктаж з безпеки та ознайомилися з методикою. Лабораторні роботи виконуються з використанням навчальних модельних зразків/розчинів та затверджених кафедрою протоколів.

№ з/п	Назва теми лабораторних робіт та перелік основних питань	Кількість відведених годин
Лабораторна робота №1	Амперометричний глюкозний біосенсор. Ознайомлення з трьохелектродною схемою, реєстрація амперометричного відгуку ферментного біосенсора на послідовні додавання глюкози, побудова калібрувальної залежності, оцінювання чутливості та робочого діапазону.	2
Лабораторна робота №2	Потенціометричний/ISFET-біосенсор. Дослідження рН-чутливого польового транзистора як перетворювача. Реєстрація зміни потенціометричного сигналу у відповідь на біохімічну реакцію, оцінювання фону та стабільності базової лінії.	2
Лабораторна робота №3	Кондуктометричний ферментний біосенсор. Реєстрація зміни провідності внаслідок ферментативної реакції на прикладі визначення сахарози у модельному розчині. Побудова калібрувальної залежності та аналіз впливу іонного складу середовища.	2
Лабораторна робота №4	Електрохімічна імпедансна спектроскопія. Одержання або аналіз спектрів імпедансу для сенсорної поверхні; побудова діаграм Найквіста/Боді, інтерпретація опору переносу заряду й ємнісної складової, порівняння станів поверхні до і після модифікації.	4
Лабораторна робота №5	SPR-біосенсор для детектування олігонуклеотидів. Робота з сенсограмою гібридизації специфічних олігонуклеотидних послідовностей, аналіз базової лінії, специфічного і неспецифічного зв'язування, оцінювання	

	<i>відтворюваності сигналу.</i>	
<i>Лабораторна робота №6</i>	Мультиферментний інгібіторний біосенсор. <i>Дослідження принципу інгібіторного визначення іонів важких металів у модельних розчинах. Розрахунок відносної активності/ступеня інгібування та аналіз чинників, що впливають на селективність.</i>	2
<i>Лабораторна робота №7</i>	Комплексне оцінювання характеристик біосенсора. <i>Опрацювання експериментальних даних із попередніх робіт: оцінювання чутливості, лінійності, межі виявлення, повторюваності, селективності та стабільності; порівняння двох сенсорних підходів і формулювання інженерного висновку.</i>	2
<i>Всього</i>		14

6. Самостійна робота здобувача

Загальний обсяг самостійної роботи – 76 годин. Орієнтовний розподіл:

- опрацювання лекційного матеріалу та сучасних джерел за темами курсу – 8 год.;
- підготовка до практичних занять та виконання коротких розрахункових/аналітичних завдань – 14 год.;
- підготовка до лабораторних робіт, обробка експериментальних даних і оформлення звітів – 21 год.;
- підготовка до модульної контрольної роботи – 4 год.;
- підготовка до заліку – 6 год.;
- опрацювання тем – 23 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування та активність

Присутність або відсутність на занятті не оцінюється рейтинговими балами. Бали нараховуються за фактично виконані навчальні завдання та контрольні заходи. Для лабораторних робіт обов'язковим є попереднє ознайомлення з методикою та правилами безпечної роботи.

Дедлайни та звітування

Звіт з лабораторної роботи подається не пізніше 7 календарних днів після її виконання, якщо інший строк завчасно не оголошено викладачем. Практичні завдання виконуються під час заняття або подаються до наступного практичного заняття. Граничні строки та графік МКР доводяться до відома здобувачів на першому занятті та розміщуються в електронному курсі.

Пропущені контрольні заходи

Непроходження синхронного заходу поточного контролю без поважних причин оцінюється у 0 балів. За наявності документально підтверджених поважних або непередбачуваних обставин здобувач має право виконати відповідний захід у додатковий строк, погоджений із викладачем. Невиконані лабораторні роботи мають бути відпрацьовані та захищені до семестрового контролю.

Академічна доброчесність

Під час виконання звітів, розрахункових завдань і МКР здобувач повинен дотримуватися принципів академічної доброчесності, коректно посилатися на джерела, не допускати плагіату, фабрикації чи фальсифікації даних. Використання генеративного ШІ допускається як допоміжного інструмента для пошуку і структурування інформації за умови самостійної перевірки результатів та виконання вимог викладача щодо декларування такого використання.

Заохочувальні бали

Можуть нараховуватися за виконання творчих/наукових робіт за тематикою дисципліни (участь у профільній конференції з публікацією тез; підготовка наукового або навчально-методичного матеріалу; створення якісної навчальної візуалізації або набору даних для курсу). Загальна сума заохочувальних балів – не більше 10; вони не змінюють базову структуру РСО, а підсумковий рейтинг не може перевищувати 100 балів.

Оскарження результатів оцінювання

Здобувач має право отримати пояснення щодо виставлених балів та оскаржити результат у порядку, встановленому нормативними документами КПІ ім. Ігоря Сікорського. РСО доводиться до відома здобувачів

на першому занятті та не змінюється впродовж семестру, крім випадків, передбачених чинними нормативними документами університету.

Дистанційне та інклюзивне навчання

За потреби теоретичні та розрахунково-аналітичні види роботи можуть проводитися синхронно дистанційно. Лабораторні результати можуть опрацьовуватися дистанційно на основі наданих викладачем експериментальних даних, якщо очне виконання тимчасово неможливе. Формат матеріалів і контрольних заходів може адаптуватися до особливих освітніх потреб без зниження вимог до результатів навчання.

Політика використання штучного інтелекту.

Використання штучного інтелекту регламентується «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/1225>). Усі навчальні завдання з дисципліни мають бути результатом власної оригінальної роботи здобувача. Використання штучного інтелекту для автоматичної генерації відповідей без подальшого їх аналізу та доопрацювання заборонено. Здобувачам не рекомендується покладатися на штучний інтелект, як на єдине джерело інформації. Важливо перевіряти та аналізувати отримані дані з наукових джерел. Усі випадки використання штучного інтелекту для виконання завдань мають бути чітко вказані та задокументовані. Це стосується як використання текстових генераторів, так й інших інструментів штучного інтелекту. Використання штучного інтелекту має відповідати принципам академічної доброчесності. Недотримання цього положення розглядатиметься як порушення академічної етики.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Контрольний захід	Кількість	Максимум за один захід	Максимум, балів
Виконання та захист лабораторних робіт	7	6	42
Робота на практичних заняттях	7	4	28
Модульна контрольна робота	1	30	30
Разом			100
Рейтингова оцінка, бали		Університетська шкала	
95–100		Відмінно	
85–94		Дуже добре	
75–84		Добре	
65–74		Задовільно	
60–64		Достатньо	
Менше 60		Незадовільно	
Невиконання умов допуску		Не допущено	

Для дисципліни застосовується рейтингова система оцінювання першого типу (PCO-1), оскільки семестровий контроль проводиться у формі заліку. Максимальний семестровий рейтинг за результатами поточного контролю – 100 балів.

Критерії поточного контролю

Лабораторна робота (0–6 балів): 6 балів – роботу виконано коректно, результати опрацьовано, звіт оформлено належним чином, здобувач аргументовано пояснює принцип методу й отримані залежності; 5 балів – роботу виконано правильно, але є окремі несуттєві неточності в обробці даних або поясненні; 4 бали – мінімально достатній рівень: основні етапи виконано правильно, висновки загалом обґрунтовані, однак наявні помітні неточності; результат нижче мінімального позитивного рівня оцінюється у 0 балів.

Практичне заняття (0–4 бали): 4 бали – завдання виконано повністю, правильно та обґрунтовано; 3 бали – завдання виконано переважно правильно з окремими неточностями; результат нижче мінімального позитивного рівня оцінюється у 0 балів.

МКР (0–30 балів): 27–30 балів – 90–100 % правильного виконання; 25–26 балів – 82–89 %; 23–24 бали – 74–81 %; 18–22 бали – 60–73 %; результат нижче 60 % оцінюється у 0 балів. МКР містить тестові, розрахункові та/або ситуаційні завдання з основних тематичних блоків дисципліни.

Календарний контроль

Проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Позитивний результат календарного контролю виставляється за умови отримання не менше 50 % від максимально можливої на дату проведення контролю кількості рейтингових балів та відсутності невідпрацьованих обов'язкових лабораторних робіт.

Умови отримання заліку

Обов'язковою умовою допуску до семестрового контролю є виконання та позитивне оцінювання всіх 7 лабораторних робіт. Здобувачі, які виконали умови допуску та набрали за результатами поточного контролю 60 і більше балів, отримують відповідну рейтингову оцінку без додаткового залікового випробування.

Залікове контрольне випробування

Здобувачі, які виконали умови допуску, але набрали менше 60 балів, а також здобувачі, які бажають підвищити свою рейтингову оцінку, проходять залікове контрольне випробування. Оскільки лабораторні роботи формують практичні результати навчання, які не можуть бути повноцінно повторно перевірені письмовим або тестовим заліковим завданням, бали за лабораторні роботи (до 42 балів) зберігаються, а залікове контрольне випробування оцінюється максимум у 58 балів.

Залікове контрольне випробування може містити теоретико-аналітичні питання, тестові, розрахункові та ситуаційні завдання, завдання на інтерпретацію калібрувальних залежностей, сенсограм, електрохімічних даних та обґрунтування вибору архітектури біосенсорної системи. Позитивний результат залікового контрольного випробування – не менше 35 балів із 58 можливих; результат нижче цього рівня оцінюється у 0 балів. Теоретично-аналітичне питання оцінюється у 8 балів (повне розкриття питання – 8 балів, наявність незначних упущень – 6-7 балів, наявність незначних помилок – 3-5 балів, наявність суттєвих помилок – 0 балів); тестові питання – 10 питань по 1 балу за питання; розрахункові та ситуаційні завдання – 8 балів за питання (повне розкриття питання – 8 балів, наявність незначних упущень – 6-7 балів, наявність незначних помилок – 3-5 балів, наявність суттєвих помилок – 0 балів).

Підсумкова рейтингова оцінка здобувача, який проходив залікове контрольне випробування, визначається як сума балів за лабораторні роботи та балів за залікове контрольне випробування і не може перевищувати 100 балів. Для здобувача, який складав залік з метою підвищення рейтингової оцінки, застосовується «м'який» підхід: якщо результат після залікового контрольного випробування нижчий за рейтинг, отриманий за результатами поточного контролю, зберігається попередня рейтингова оцінка.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті, здійснюється відповідно до чинного Положення КПІ ім. Ігоря Сікорського. За погодженням із викладачем можуть бути враховані результати сертифікованих курсів або інших освітніх активностей, якщо вони документально підтверджують досягнення результатів навчання цієї дисципліни.

Перелік питань для підготовки до МКР та семестрового контролю наведено у Додатку 1. Під час семестрового контролю можуть використовуватися не лише репродуктивні питання, а й завдання на інтерпретацію калібрувальних залежностей, сенсограм, електрохімічних даних та обґрунтування вибору архітектури біосенсорної системи.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцентом каф. ТМБІ, д.б.н., с.н.с., доц. Солдаткін Олександр Олексійович.

Ухвалено кафедрою ТМБ (протокол № 21 від 20 червня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №12 від 30 червня 2025 р.)

Додаток 1. Перелік питань для підготовки до МКР та семестрового контролю

1. Дайте визначення біосенсора та поясніть функції його основних структурних компонентів.
2. Поясніть місце біомолекулярної електроніки в сучасній біомедичній інженерії.
3. Класифікуйте біосенсиори за типом біоселективного елемента та фізичного перетворювача.
4. Порівняйте ферменти, антитіла, нуклеїнові кислоти й клітини як біоселективні елементи.
5. Розкрийте принцип роботи амперометричного біосенсора.
6. Поясніть принцип потенціометричного детектування та роботу pH/іон-чутливих польових транзисторів.
7. Розкрийте принцип кондуктометричного біосенсора та чинники, що впливають на його сигнал.
8. Поясніть фізичний зміст електрохімічної імпедансної спектроскопії у біосенсоріці.
9. Порівняйте переваги й обмеження амперометричних, потенціометричних, кондуктометричних та імпедиметричних підходів.
10. Поясніть роль медіаторів переносу електронів у ферментних електрохімічних біосенсорах.
11. Охарактеризуйте основні типи оптичних біосенсорів.
12. Поясніть фізичний принцип поверхневого плазмонного резонансу.
13. Що відображають фази асоціації та дисоціації на SPR-сенсограмі?
14. Поясніть причини неспецифічного зв'язування в SPR-системах та способи його контролю.
15. Порівняйте SPR і LSPR за принципом формування сигналу та можливими застосуваннями.
16. Охарактеризуйте фізичну адсорбцію як метод іммобілізації біомолекул.
17. Охарактеризуйте ковалентну іммобілізацію та її переваги й обмеження.
18. Поясніть принцип включення біологічного матеріалу у полімерні/гелеві матриці.
19. Що таке афінна та орієнтована іммобілізація і в яких випадках вона доцільна?
20. Як метод іммобілізації впливає на активність, стабільність та масоперенос у біосенсорі?
21. Дайте визначення чутливості біосенсора та поясніть, як її визначають за калібрувальною залежністю.
22. Поясніть поняття робочого та лінійного діапазонів біосенсора.
23. Що таке межа виявлення та межа кількісного визначення?
24. Розкрийте поняття селективності біосенсора та способи її експериментального оцінювання.
25. Поясніть відмінність між повторюваністю та відтворюваністю.
26. Охарактеризуйте операційну та складську стабільність біосенсора.
27. Поясніть причини дрейфу базової лінії та біофулінгу.
28. Як матричний ефект може впливати на результати біосенсорного аналізу?
29. Поясніть принцип ферментативного каскаду в мультиферментному біосенсорі.
30. Які переваги та обмеження мають мультиферментні системи порівняно з одноферментними?
31. Розкрийте принцип інгібіторного біосенсорного аналізу.
32. Поясніть поняття мультибіосенсора і сенсорного масиву.
33. Що таке перехресна чутливість і як вона впливає на багатокомпонентне визначення?
34. Охарактеризуйте роль мікрофлюїдики у створенні інтегрованих біосенсорних платформ.
35. Поясніть поняття lab-on-chip та його переваги для point-of-care аналізу.
36. Які технічні вимоги висуваються до портативних і носимих біосенсорів?
37. Назвіть основні етапи переходу від лабораторного прототипу біосенсора до комерційного продукту.
38. Поясніть різницю між аналітичною та клінічною валідацією біосенсорної системи.
39. Які чинники визначають відтворюваність серійного виробництва біосенсорів?
40. Які вимоги до стабільності реагентів та сенсорного елемента важливі для комерціалізації?
41. Порівняйте одноразові й багаторазові біосенсиори з погляду конструкції та застосування.
42. Поясніть принцип роботи ферментного амперометричного біосенсора для визначення глюкози.
43. Поясніть, які параметри можна отримати з діаграм Найквіста та Боде.
44. Поясніть принцип гібридизаційного біосенсора на основі SPR.
45. Запропонуйте послідовність вибору біорецептора, перетворювача та методу іммобілізації для заданого аналізу.
46. За заданою калібрувальною залежністю визначте чутливість і робочий діапазон біосенсора.
47. За серією повторних вимірювань оцініть повторюваність і сформулюйте висновок щодо якості вимірювання.
48. Проаналізуйте вплив заданого інтерферента на селективність біосенсора та запропонуйте контрольний експеримент.

-
49. Порівняйте дві запропоновані біосенсорні платформи та обґрунтуйте вибір для конкретної біомедичної задачі.
 50. Сформууйте концепцію біосенсорної системи для point-of-care визначення заданого біомаркера: аналіт, матриця, біорецептор, перетворювач, метод іммобілізації, спосіб калібрування та ключові критерії валідації.