

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра молекулярної і медичної біофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан факультету радіофізики,
біомедичної електроніки та
комп'ютерних систем



Сергій ШУЛЬГА

14 червня 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

БІОЕЛЕКТРИЧНІ ПРОЦЕСИ

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
(шифр і назва)

освітня програма «Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи»
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни ОБОВ'ЯЗКОВА
(обов'язкова / за вибором)

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем.

24 червня 2024 року, протокол №6.


РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Січевська Лариса Вікторівна, кандидат біологічних наук, доцент кафедри молекулярної і медичної біофізики.

Програму схвалено на засіданні кафедри молекулярної і медичної біофізики.


Протокол №6 від 24 червня 2024 року.

Завідувач кафедри молекулярної і медичної біофізики


_____ Володимир БЕРЕСТ

Програму погоджено з гарантом освітньої-професійної програми «Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи».


Гарант освітньої професійної програми «Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи»


_____ Олександр БУТРИМ

Програму погоджено методичною комісією факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем.

Протокол №6 від 24 червня 2024 року.

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем


_____ Олександр БУТРИМ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Біоелектричні процеси» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки бакалаврів спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. **Метою викладання навчальної дисципліни** є ознайомлення студентів з біофізичною суттю електричних явищ в живих клітинах та тканинах; сформуванню сучасне уявлення про застосування фізичних методів в дослідженнях електричної активності біологічних об'єктів різних рівнів організації.

1.2. **Основними завданнями вивчення дисципліни** є формування у здобувачів вищої освіти наступних загальних та фахових компетентностей:

Загальні компетентності

1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК-1)
2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.(ЗК-2)
3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.(ЗК-3)
4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК-8)
5. Здатність працювати в команді. (ЗК-9)
6. Навички міжособистісної взаємодії. (ЗК-10)

Фахові компетентності

1. Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів та у впровадженні результатів проведених досліджень та розробок. (ФК-13)
2. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи базові методи дослідницької діяльності. (ФК-14)

1.3. Кількість кредитів 6

1.4. Загальна кількість годин 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
8-й	-й
Лекції	
45 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
45 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
90 год.	год.
Індивідуальні завдання	

1.6. Заплановані результати навчання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Біоелектричні процеси» здобувачі вищої освіти повинні досягти таких результатів навчання

Програмні результати навчання:

1. Показувати знання в галузі професійної діяльності, технологій та методів дослідження властивостей речовин і матеріалів. (ПРН-2)
2. Знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій. (ПРН-3)
3. Вибирати методи та інструментальні засоби проведення досліджень. (ПРН-9)
4. Класифікувати та аналізувати інформацію з різних джерел. (ПРН-12)
5. Вміння представляти і захищати отримані наукові і практичні результати в усній та письмовій формі. (ПРН-15)

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Електричні властивості біомембран. Основні механізми генерації потенціалу на біомембрані.

Тема 1. Основні положення біофізики мембран.

Зміст. Особливості структури біомембран. Динаміка структурних елементів мембрани. Білок-ліпідні взаємодії в мембрані. Модельні мембранні системи: бішарові мембрани, протеоліпосоми.

Тема 2. Електричні властивості біомембран.

Зміст. Заряд клітинної поверхні. Подвійний електричний шар. Походження електрокінетичного потенціалу: ξ -потенціал клітини, визначення величини ξ -потенціалу. Явище поляризації в мембранах. Дисперсія електропровідності, ємності, діелектричної проникності.

Тема 3. Системи транспорту речовин через мембрану.

Зміст. Транспорт неелектролітів: проста дифузія, полегшена дифузія. Транспорт речовини за участю переносників. Транспорт електролітів: електрохімічний потенціал, іонна рівновага на межі поділу мембрана-розчин. Рівновага Доннана. Пасивний потік іонів через мембрану: рушійні сили переносу іонів. Механізми генерації потенціалу спокою на мембрані: Іонний склад клітини. Потенціал спокою, його походження. Активний транспорт іонів. Роль АТФаз в активному транспорті іонів через біомембрани. Іонні канали. Електродифузійне рівняння Нернста-Планка. Наближення постійного поля для потенціалу і іонного потоку. Проникність і провідність. Співвідношення Усінга.

Тема 4. Механізми генерації потенціалу спокою на мембрані.

Зміст. Іонний склад клітини. Потенціал спокою, його походження. Активний транспорт іонів. Роль АТФаз в активному транспорті іонів через біомембрани. Іонні канали. Іонофори: переносники та канал утворюючі агенти. Іонна селективність мембран.

Тема 5. Іонні механізми формування потенціалу дії.

Зміст. Іонні механізми формування потенціалу дії: роль іонів К і Na. Характерні властивості потенціалу дії. Модель паралельних провідностей.

Тема 6. Математичний опис кінетики іонних токів в моделі Ходжкіна-Хакслі.

Зміст. Іонні токи в мембрані аксона. Метод фіксації потенціалу. Модель Ходжкіна-Хакслі.

Розділ 2. Основні механізми проведення імпульсу в збудливих волокнах.

Тема 7. Особливості розповсюдження імпульсу в нервових волокнах.

Зміст. Особливості розповсюдження імпульсу по нервовому волокну: мієлінізовані та немієлінізовані нервові волокна. Синаптична передача нервового імпульсу. Математична модель процесу розповсюдження нервового імпульсу.

Тема 8. Особливості розповсюдження імпульсу в волокнах м'язів.

Зміст. Нервово-м'язеві сполучення: основні елементи синапса в волокнах м'язів. Етапи синаптичної передачі: роль іонів К, Na та Сl. Постсинаптичні потенціали. Еквівалентна електрична схема постсинаптичної мембрани.

Тема 9. Особливості проведення збудження в м'язах серця.

Зміст. Провідна система серця. Електрична активність серця: особливості генерації потенціалу дії в кардіоміоцитах. Роль іонів К, Na та Ca. Реєстрація електричної активності серця. Теорія Ейтховена.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Електричні властивості біомембран. Основні механізми генерації потенціалу на біомембрані.												
Разом за розділом 1	90	25	15			50						
Розділ 2. . Основні механізми проведення імпульсу в збудливих волокнах.												
Разом за розділом 2	90	20	15			55						
Усього годин	180	45	30			105						

4. Теми семінарських (практичних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Електричні властивості біомембран. Подвійний електричний шар.	5

2	Визначення величини дзета-потенціалу клітин методом електрофорезу.	5
3	Електричні властивості клітини: провідність та опір.	5
4	Механізм виникнення мембранного потенціалу. Рівноважний K^+ -потенціал.	5
5	Електродифузійне рівняння Нернста-Планка.	5
6	Наближення постійного поля. Рівняння Гольдмана.	5
7	Іонні токи в мембрані аксона. Модель паралельних провідностей.	4
8	Математичний опис кінетики іонних потоків в моделі Ходжкіна-Хакслі.	6
9	Виведення телеграфного рівняння та його аналіз.	5
	Разом	45

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форми контролю
1	Особливості структури біомембран. Системи транспорту іонів через мембрану.	4	Опитування
2	Заряд клітинної поверхні. Явище поляризації в біомембранах.	4	Опитування
3	Походження електрокінетичного потенціалу біомембран.	4	Опитування
4	Різновиди потенціалів на клітинній мембрані: поверхневий, трансмембранний та внутрішній діпольний потенціал.	4	Опитування
5	Подвійний електричний шар біомембран. Теорія Гуї-Чепмена.	5	Розв'язання задач, тестові завдання
6	Поверхневий потенціал клітини. ξ -потенціал клітини, визначення величини ξ -потенціалу.	5	Розв'язання задач, тестові завдання
7	Електричні властивості клітини: провідність та опір. Якими особливостями мембранної будови зумовлені такі фізичні характеристики мембрани.	5	Розв'язання задач, тестові завдання
8	Іонні механізми виникнення потенціалу спокою на мембрані. Пасивний потік іонів на мембрані.	5	Розв'язання задач, тестові завдання
9	Електродифузійний транспорт іонів через біомембрану.	5	Розв'язання задач, тестові завдання
10	Електродифузійне рівняння Нернста-	5	Розв'язання

	Планка.		задач, тестові завдання
11	Наближення постійного поля. Рівняння Гольдмана.	5	Розв'язання задач, тестові завдання
12	Загальна характеристика еквівалентної електричної схеми біомембрани, її тлумачення в контексті генерації біопотенціалів на мембрані.	5	Опитування
13	Характерні особливості потенціалу дії, роль активного та пасивного транспорту в генерації потенціалу дії.	5	Опитування
14	Іонні механізми виникнення потенціалу дії. Характерні властивості потенціалу дії.	5	Опитування
15	Виміри потенціалу в волокнах, що збуджуються.	5	Опитування
16	Суть методу фіксації потенціалу.	5	Опитування
17	Кабельна теорія розповсюдження імпульсу.	4	Опитування
18	Механізм проведення імпульсу по мієліновим і немієліновим волокнам.	4	Розв'язання задач, тестові завдання
19	Математичне представлення кінетики іонних токів в моделі Ходжкіна-Катца	4	Практичне завдання
20	Електрична модель постсинаптичної мембрани.	4	Опитування
21	Провідна система серця. Механізм генерації потенціалу дії кардіоміоциту.	4	Опитування
22	Реєстрація електричної активності серця. Теорія Ейтховена.	5	Опитування
23	Особливості електричної активності мозку людини.	4	Опитування
	Разом	105	

6. Методи навчання

Лекція, практичні заняття, робота з дистанційним курсом на платформі Moodle самостійна робота студентів.

7. Методи контролю

Самоконтроль здійснюється студентами при виконанні завдань для самопідготовки та самоконтролю по кожному розділу курсу.

Поточний контроль. Контроль знань студентів включає поточне експрес-опитування, розв'язання ситуаційних задач, тестові завдання, семестрова контрольна робота:

– **усне опитування:** здійснюється перед та під час лекції з метою контролю засвоєння теоретичних положень

– **розв’язання ситуаційних задач:** призначено для контролю здатності узагальнювати знання, набуті під час вивчення відповідної теми, розділу курсу, для контролю здатності трактування, аналізу та оцінки результатів досліджень;

Засоби контролю на платформі Moodle

– **практичні роботи:** передбачено виконання практичних робіт за темами лекційного курсу;

– **тестування:** проводиться у формі тестового контролю, як метод контролю за самостійною роботою студентів;

– **контрольна робота:** передбачає розв’язання задач за темами лекційного курсу.

8. Розподіл балів, які отримують студенти

Максимальна кількість балів, які може набрати здобувач вищої освіти за виконання програми курсу «Біоелектричні процеси» складає 100 балів.

Максимальна кількість балів, які може набрати здобувач вищої освіти за виконання контрольної роботи складає 15 балів, за виконання тестового завдання складає 15 балів, за виконання практичного завдання – 30 балів.

Поточний контроль, контрольна робота, виконання практичного завдання					Сума
Кількість балів за виконання контрольної роботи	Кількість балів за виконання тестового завдання	Практичне завдання	Екзам ен	Разом	
T1-T5	T6-T9	T6	T1-T9		
15	15	30	40	100	100

Схема нарахування балів за контрольну роботу

Контрольна робота оцінюється за шкалою від 0 до 15 балів.

Студент розв’язує 5 задач за програмою навчальної дисципліни, кожна задача оцінюється в 3 бали:

3 бали – розв’язання задачі здійснено з застосуванням відповідних формул, які адекватно пояснюють явища чи процеси; не допущено помилок в математичних розрахунках; правильно врахована розмірність фізичних величин;

2,5 бали – розв’язання задачі правильне, але є неточності в здійсненні математичних розрахунків;

2 бали – на фоні логічного розв’язання задачі присутні помилки в розрахунках та визначенні розмірностей фізичних величин;

1,5 бали – у розв’язанні задачі студент обмежується лише визначенням основних формул;

1 бал – розв’язання задачі містить поодинокі елементи правильної інформації

0 балів – розв’язання задачі неправильне або відсутнє.

Схема нарахування балів за виконання тестового завдання

Тестове завдання оцінюється за шкалою від 0 до 15 балів.

Студент виконує тестове завдання, яке містить 30 запитань за програмою навчальної дисципліни. Правильна відповідь на кожне запитання тестового завдання оцінюється в 0,5 бала. Максимальну кількість балів (15 балів) за тестове завдання студент отримує вразі правильної відповіді на всі запитання тестового завдання. Загальна кількість балів за виконане завдання зменшується пропорційно кількості помилкових відповідей.

Схема нарахування балів за практичне завдання

Самостійне виконання практичного завдання оцінюється за шкалою від 0 до 30 балів.

1. Моделювання біоелектричного процесу в запропонованих умовах і оформлення результатів оцінюється від 0 до 20 балів.

2. Аналіз і захист отриманої моделі та написання висновків - 10 балів.

Критерії оцінки успішності студентів при семестровому контролі та виконанні письмових робіт

Оцінку «відмінно» (5 балів – за завдання; 90-100 балів за курс у цілому)

отримує студент, якщо він:

- чітко розуміє зміст і вільно володіє спеціальною термінологією; встановлює взаємозв’язок основних понять;
- вільно використовує набуті теоретичні знання для аналізу практичного матеріалу; демонструє високий рівень набутих практичних навичок.
- міцно засвоїв зміст навчальної дисципліни, наукових першоджерел і рекомендованої літератури;
- вміє повністю, глибоко і всебічно розкрити зміст матеріалу, поставленого завдання чи проблеми; комплексно вирішувати поставлені завдання чи проблему; правильно застосовує одержані знання з різних дисциплін для вирішення завдань чи проблем; послідовно і логічно викладає матеріал.

Допускається декілька неточностей у викладенні матеріалу, які не приводять до помилкових висновків і рішень.

Оцінку «добре» (4 бали – за завдання; 70-89 балів за курс у цілому)

отримує студент, якщо він:

- добре засвоїв основний зміст навчальної дисципліни, основні ідеї наукових першоджерел і рекомендованої літератури;
- точно використовує термінологію;
- має практичні навички з аналізу матеріалу.

Допускається декілька неточностей у використанні спеціальної термінології, похибок у логіці викладу теоретичного змісту або аналізу практичного матеріалу, несуттєвих та не грубих помилок у висновках та узагальненнях, що не впливають на конкретний зміст відповіді. Наявні неточності та помилки враховуються при визначенні оцінки за 100-бальною шкалою та відповідної літери В або С.

Оцінку «задовільно» (3 бали – за завдання; 50-69 балів за курс у цілому) студент отримує, якщо:

- у відповіді суть запитання в цілому розкрита, але зміст питання викладено частково; студент невпевнено орієнтується у змісті наукових першоджерел та рекомендованої літератури;
- при викладенні матеріалу, поясненні термінології та вирішенні практичних питань зроблені суттєві помилки.

Оцінку «незадовільно» (менше 50 балів) студент отримує, якщо:

- основний зміст завдання не розкрито; студент майже не орієнтується у наукових першоджерелах та рекомендованій літературі; не знає наукових фактів та визначень;
- допущені суттєві помилки у висновках;
- студент не володіє спеціальною термінологією;
- наукове мислення та практичні навички майже не сформовані.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з курсу "Біоелектричні процеси".
2. Дистанційний курс "Біоелектричні процеси" на платформі Moodle.

Базова література

1. Біофізика і біомеханіка: підручник / В.С.Антонюк, М.О.Бондаренко, В.А.Ващенко та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2012. – 344 с.
2. Біофізика в задачах та прикладах: навч. посібник / В.С.Антонюк, Г.С.Тимчик, М.О.Бондаренко та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – 208 с.
3. Robert B. Gennis Biomembranes: Molecular Structure and Function. – Springer, 1989. – 533 p.
4. Plonsy R., Barr R. Bioelectricity: A Quantitative Approach – Springer, 1988. – 301 p.

5. Hofmann A., Simon A., Grkovic T. and Jones M. Methods of Molecular Analysis in the Life Sciences - University Printing House, Cambridge CB2 8BS, United Kingdom, 2014. – 227 p.

Допоміжна література

1. Voet D., Voet J. G., C. Pratt W. Fundamentals of Biochemistry: life at the molecular level: Wiley, 2016. – 1179 p.
2. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Morgan D., Raff M., Roberts K., and Walter P. Molecular Biology of the cells Published by Garland Science, Taylor & Francis Group, LLC. – 2008. – 1465 p.
3. Біофізика: підручник/ М. Ф.Терещенко, Г. С. Тимчик, І. О. Яковенко. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 444 с.
4. Біофізика. Практикум/ М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, І.О. Яковенко - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 288 с

10. Інформаційні ресурси

1. [Membranes and transport | Biology library | Science | Khan Academy](#)