



Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця
Національної академії наук України
Силабус навчальної дисципліни

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

ВК23

Галузь знань	Е «Природничі науки, математика та статистика» (09 Біологія)
Спеціальність	Е1 (091) «Біологія та біохімія»
Ступінь освіти	Доктор філософії
Освітньо-наукова програма	Біологія та біохімія (Біофізика; Фізіологія людини і тварин; Патологічна фізіологія)
Статус	Навчальна дисципліна вибіркового компонента з фахового переліку
Форма навчання	Денна / заочна
Семестровий контроль	Залік

Курс	2
Семестр	3

ECTS	3
Годин	90

Розподіл годин

Аудиторні години		Самостійна робота
Лекції	Практичні/Семінари	
32	4	54

Інформація про викладача

	Лекція	Практичні/семінарські
ПІБ	Шуба Ярослав Михайлович	Шуба Ярослав Михайлович
Вчене звання	Професор, акад. НАН України	Професор, акад. НАН України
Науковий ступінь	Док. біол. наук	Док. біол. наук
Профіль викладача	https://orcid.org/0000-0002-1451-7188	orcid.org/0000-0002-1451-7188
e-mail	yshuba@biph.kiev.ua	yshuba@biph.kiev.ua

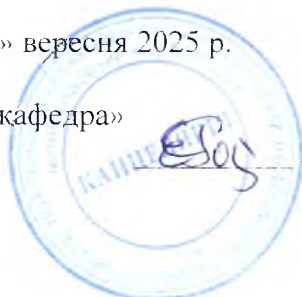
Розробник Шуба Я.М.

Поточна редакція від «11» вересня 2025 р.

Зав. відділу «Випускова кафедра»

Гарант ОНП, д.б.н.

К.В. Розова



ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

Анотація навчальної дисципліни

«Основи молекулярної фізіології іонних каналів» є дисципліною спеціалізації для спеціальності «біологія», що читається для аспірантів 2-го року навчання в обсязі 90 годин, в тому числі 36 години аудиторних занять, з них 32 годин лекцій, 4 годин практичних занять і 54 годин самостійної роботи. Форма контролю – залік.

Місце навчальної дисципліни в програмі навчання

Нормативна навчальна дисципліна «Основи молекулярної фізіології іонних каналів» є складовою циклу професійної підготовки аспірантів та проведення ними наукової роботи зі спеціальності «біологія», включаючи такі її підрозділи як «біофізика», «молекулярна біологія», «фізіологія», «патофізіологія».

Необхідні навички

Аспірант повинен знати: основи молекулярної біології, біохімії, біофізики, електрофізіології, біоінформатики.

Аспірант повинен вміти: самостійно проводити пошук наукової інформації в інтернеті, читати англійською мовою, планувати і проводити елементарні дослідження з електрофізіології.

Рівень набуття знань

Завданням навчальної дисципліни «Основи молекулярної фізіології іонних каналів» є опанування аспірантами сучасними теоретичними основами із структури, функції, регуляції, класифікації, фізіологічної та патофізіологічної ролі іонних каналів біологічних мембран та ознайомлення із основними методичними підходами до їх дослідження.

знання:

В результаті навчання аспіранти повинні отримати уявлення про структурно-функціональні відносини в іонних каналах різних типів та розуміти біофізичні принципи їх функціонування.

вміння:

В результаті навчання аспіранти повинні вміти самостійно планувати і проводити елементарні дослідження по вивченню властивостей іонних каналів.

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК4 – Здатність проводити наукові дослідження на професійному рівні, управління науковими проектами та прийняття автономних рішень, дотримуватись норм безпеки, діяти творчо, ініціативно та наполегливо при вирішенні проблем.

ЗК7 – Здатність критично мислити, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК1 – Здатність планувати і здійснювати комплексні оригінальні біомедичні дослідження, створювати і інтерпретувати нові знання в біології та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках. Здатність самостійно формулювати наукову проблему, висувати інноваційні гіпотези на стику біофізики та фізіології, розробляти дизайн дослідження, обирати адекватні біологічні моделі, а також отримувати результати, що мають суттєву наукову новизну та підтверджені публікаціями у провідних міжнародних виданнях (Scopus/WoS).

СК2 – Демонструвати детальне розуміння предметної бази знань, компетентність у використанні наукового обладнання та прецизійних методів біомедичних досліджень. Здатність до системного аналізу регуляторних механізмів, обґрунтування етологічних, генетичних та середовищних чинників патогенезу, володіння концептуальними знаннями про регуляцію серцево-судинної, дихальної, ендокринної та імунної систем, молекулярних та системних основ. Здатність професійно використовувати методи електрофізіології, оптичної реєстрації, молекулярно-біологічного аналізу та алгоритми машинного навчання (AI) для вивчення функціональних властивостей клітин, тканин та органів.

СК3 – Компетентність аналізувати дані проведених експериментів по дослідженню біофізичних і молекулярно-фізіологічних механізмів функціонування живих систем. Глибоке розуміння фізико-хімічних принципів організації біомембран, молекулярної фізіології іонних каналів та рецепторів, а також механізмів клітинної сигналізації в нормі та при моделюванні патологічних станів. Вміння застосовувати середовище R/RStudio або Python для статистичного аналізу, візуалізації та математичного моделювання біологічних процесів.

Програмні результати навчання (ПРН)

ПРН1 – Концептуальні та методологічні знання поглибленого рівня в галузі біології та споріднених областях при застосуванні їх у власних дослідженнях у сфері біології та у викладацькій практиці.

ПРН2 – Системні знання для інтерпретації основних біологічних механізмів на організмовому, органному, клітинному та молекулярному рівнях.

ПРН3 – Здатність вибирати, застосовувати та оптимізувати методи дослідження біологічних процесів на різних рівнях біологічної організації, оцінювати їх ефективність і обмеження.

ПРН7 – Відповідні знання, розуміння та здатність до використання методів аналізу даних та статистики на сучасному публікаційному рівні.

ПРН8 – Ініціювання, планування, реалізація послідовного процесу наукового дослідження, що дає можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми біології з дотриманням норм академічної етики, доброчесності і врахуванням соціальних, економічних, екологічних аспектів.

ПРН9 – Здатність до аналізу і синтезу систем об'єктів і процесів у живих організмах та їхніх компонентах, за допомогою комп'ютерних моделей і інформаційних технологій.

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

Перелік тем, завдань та терміни виконання

4. Структура навчальної дисципліни

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

№	Тема	Кількість годин					
		Очне відділення			Заочне відділення		
		Л	Пр/С	СР	Л	Пр/С	СР
Змістовий модуль 1 НОВІ МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ МЕМБРАННИХ ІОННИХ КАНАЛІВ							
1	<ul style="list-style-type: none"> Молекулярне клонування іонних каналів 						
2	<ul style="list-style-type: none"> Попередній аналіз клонованих мембранних білків 						
3	<ul style="list-style-type: none"> Системи для функціональної експресії клонованих іонних каналів та рецепторів 						
4	<ul style="list-style-type: none"> Електрофізіологічні методи дослідження клонованих іонних каналів та рецепторів 						
Змістовий модуль 2 ЛІГАНД-КЕРОВАНІ ІОННІ КАНАЛИ							
6	<ul style="list-style-type: none"> Нікотинний ацетилхоліновий рецептор (nAChR) 						
7	<ul style="list-style-type: none"> nAChR-подібні серотоніновий, гліциновий та ГАМК рецептори 						
8	<ul style="list-style-type: none"> Іонотропні глутаматні рецептори (iGluR) 						
9	<ul style="list-style-type: none"> P2X пурінергічні рецептори 						
Змістовий модуль 3 МЕТАБОТРОПНІ РЕЦЕПТОРИ							
10	<ul style="list-style-type: none"> Структурні ознаки G-білок-з'яжених рецепторів (GPCR) 						
11	<ul style="list-style-type: none"> Класифікація G-білок-спряжених рецепторів 						
12	<ul style="list-style-type: none"> Кристалічна структура родопсину, як основа організації GPCR 						
13	<ul style="list-style-type: none"> Молекулярно-функціональна характеристика метаботропних 						

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

	рецепторів родини I							
14	<ul style="list-style-type: none"> Молекулярно-функціональна характеристика метаботропних рецепторів родини III 							
Змістовий модуль 4 ПОТЕНЦІАЛКЕРОВАНІ ІОННІ КАНАЛИ								
15	<ul style="list-style-type: none"> Потенціалкеровані натрієві канали (ПКНК) 							
16	<ul style="list-style-type: none"> Потенціалкеровані кальцієві канали (ПККК) 							
Змістовий модуль 5 КАЛІЄВІ КАНАЛИ								
17	<ul style="list-style-type: none"> Нативні типи калієвих каналів та струмів 							
18	<ul style="list-style-type: none"> Класифікація та молекулярно біологічна характеристика калієвих каналів 							
19	<ul style="list-style-type: none"> Структурно функціональні відносини в K⁺ каналах 							
20	<ul style="list-style-type: none"> Каналопатії K⁺ каналів 							
Змістовий модуль 6 КАНАЛИ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ								
21	<ul style="list-style-type: none"> Родина каналів, керованих циклічними нуклеотидами – CNG 							
22	<ul style="list-style-type: none"> Катіонні канали родини транзйентного рецепторного потенціалу – TRP 							
23	<ul style="list-style-type: none"> Родина епітеліальних натрієвих та протон-активованих ENaC/ASIC каналів ссавців 							
24	<ul style="list-style-type: none"> Механочутливі іонні канали 							
Змістовий модуль 7 АНІОННІ (ХЛОРНІ) КАНАЛИ								
25	<ul style="list-style-type: none"> Родина потенціалзалежних Cl⁻ каналів 							
26	<ul style="list-style-type: none"> Хлорні канали та транспортери ABC родини 							
27	<ul style="list-style-type: none"> Ca²⁺-залежні хлорні канали 							
28	<ul style="list-style-type: none"> Об'ємрегульовані хлорні канали (ОРАК) 							
Змістовий модуль 8 НЕТРАДИЦІЙНІ ІОННІ КАНАЛИ								
29	<ul style="list-style-type: none"> Депо-залежні канали 							
30	<ul style="list-style-type: none"> Натрієві канали втрат (NALCN) 							
31	<ul style="list-style-type: none"> Конексини та панексини 							
32	<ul style="list-style-type: none"> Канали внутрішньоклітинних органел 							

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

33	Виконання практичного проекту						
Всього годин:		32	4	54	32	4	54

Л – Лекції

Пр/С – Практичні / Семінари

СР – Самостійна робота

Теми семінарських/практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Електрофізіологічні дослідження ізольованих клітин	1
2	Особливості електрофізіологічної реєстрації ліганд-активованих струмів	1
3	Іонні канали як мішені дії GPCR	1
4	Реєстрація струмів через канали, які активуються фізико-хімічними чинниками середовища	

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Біохімічне виділення білка nAChR із електричного органу ската <i>Torpedo californica</i>	1
2	Функціональні особливості дорослої і фетальної форм скелетном'язового nAChR	1
3	Роль заряду селективного фільтра у визначенні іонпровідних і селективних властивостей каналу	1
4	ACh-зв'язуючий білок, як модель рецепторної ділянки nAChR	1
5	Спільні і відмінні риси родини cys-loop рецепторів	1
6	Структурні особливості, що забезпечують високу кальцієву проникність глутаматних рецепторів. Q/R/N сайт редагування	1
7	Особливості десинситазації пуринових P2X рецепторів в різних тканинах	1
8	Фармакологія пуринових рецепторів	1
9	Класифікація G білків	1
10	Структура G білків	1
11	Механізми активації G білків	1
12	Аденилат циклаза, фосфоліпаза Ц, фосфодіестераза як мішені дії GPCR	1
13	Біогенні аміни та їх GPCR	1
14	Роль ПЗНК та ПЗКК у визначенні характеристик потенціала дії різних типів клітин	1
15	Фармакологія нативних ПЗНК	1
16	Фармакологія нативних ПЗКК	1
17	Механізми ендогенної регуляції ПЗКК різних типів	1
18	Моделі кальцієвої селективності ПЗКК	1
19	Ca ²⁺ -залежна інактивація ПЗКК	1
20	Способи кількісної оцінки селективності іонних каналів	1

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

21	Роль CNG каналів поза зоровою і олфакторною системами	1
22	Механізми залучення гіперполяризація-активованого струму через HCN канали в пейсмеркерну активність клітин	1
23	Особливості фототрансдукції у фоторецепторах складного ока членистоногих	1
24	TRP фенотип <i>Drosophila</i>	1
25	Механізми спряження між спестощенням Ca^{2+} депо і депокерованими Ca^{2+} каналами	1
26	Сучасний погляд на природу ДЗБК: роль STIM1, Orai 1 і TRPC1 білків	1
27	Каналопатії TRP каналів	1
28	Роль білків – дегенеринів в механосенсорному сприйнятті нематод	1
29	Роль ASIC каналів в ноцицепції	1
30	Механізми активації механочутливого MscL каналу, вироблені на основі його рентгеноструктурних зображень	1
31	Температурочутливі TRP канали (термо-TRP)	1
32	Клонування Cl^- каналу $ClC-0$ з електричного органу ската <i>Torpedo marmorata</i>	1
33	Реконструкція хлорних каналів у планарні ліпідні мембрани	1
34	Типи аніонної селективності ClC каналів	1
35	Класифікація активних ABC транспортерів	1
36	Патогенез муковисцидозу та роль в ньому CFTR	1
37	Роль регуляторного R-домену у функціонування CFTR	1
38	Механізми секреції інсуліну β -клітинами підшлункової залози	1
39	Сульфанілсечовинні препарати та їх клінічне застосування	1
40	Регуляція OPAK та $I_{Cl,swell}$ через взаємодію з цитоскелетом	1
41	Реєстрація трансмембранних струмів в умовах гіпотонічності зовнішньоклітинного середовища	1
42	Особливості реєстрації гетерологічно експресованого K_{ATP} струму	1
43	Каналопатії ClC каналів	1
44	Роль калієвої провідності мембрани в електрогенезі та регуляції клітинного об'єму	1
45	Серцевий м'яз як джерело найбільшого різноманіття K^+ струмів та відповідних їм каналів. Внесок різних типів K^+ струмів у визначення фаз потенціалу дії міокарду	1
46	Потенціалкеровані – K_v калієві канали, їх клонування та класифікація	1
47	K_v канали Shaker підродини. β -субодиниці K_v каналів Shaker підродини	1
48	K_v канали eag та KCNQ (K_v7) підродин	1
49	Фізіологічна роль Ca^{2+} -активованих (K_{Ca}) калієвих каналів	1
50	K_{Ca} канали SK групи	1
51	K_{Ca} канали BK групи	1
52	Калієві канали вхідного випрямлення – K_{ir} , їх клонування та класифікація	1
53	Фонові, двопородоменні K_{2P} калієві канали, їх клонування та класифікація	1
54	Каналопатії K^+ каналів	1
Всього годин		54

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

Система оцінювання

Усне опитування на семінарських/практичних заняттях (1-10 балів), обов'язкові модульні опитування за тестовою системою (0-30 балів за модуль). Заохочуючі бали (1-5 балів) можуть застосовуватись при експрес-опитуванні в процесі лекції (на розуміння її суті), за присутність на лекції 1 бал. Підсумковий тест (залік) – 40 балів. Сумарна оцінка за курс формується, виходячи з максимальної кількості балів - 100. Отримана в такий спосіб оцінка є підсумковою заліковою.

Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточний контроль та самостійна робота										Підсумковий тест (залік)	Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2						100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T1÷T10	
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	40	100

Семестрова атестація аспірантів

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для заліку
90 – 100	A	зараховано
85-89	B	
75-84	C	
70-74	D	
60-69	E	
35-59	FX	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Засвоєння аспірантом програмного матеріалу змістового модуля вважається успішним, якщо рейтингова оцінка його становить не менше, ніж 60 балів за 100-бальною шкалою.

Додаткові умови допуску до заліку:

У разі виникнення спірних питань щодо не допуску аспірантів до семестрової атестації, вони вирішуються лектором дисципліни спільно із завідувачем кафедри.

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗІОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

Політика навчальної дисципліни

Відвідування занять є обов'язковим для всіх аспірантів.

Пропущені контрольні заходи можна перескласти у визначений викладачем час з дозволу завідувача кафедри. Аспіранти, які в поточному семестрі мали пропуски занять і до початку екзаменаційної сесії не засвоїли матеріал пропущених тем і розділів змістових модулів навчальної дисципліни та не подали обґрунтоване письмове пояснення причин пропущених занять, до семестрової атестації з відповідної дисципліни не допускаються.

Академічна доброчесність. Норми етичної поведінки

Політика та принципи академічної доброчесності визначені Законами України.

Норми етичної поведінки аспірантів і працівників визначені Статутом, відповідними законами, підзаконними актами України та відповідними положеннями Інституту.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Аспіранти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

Основна література:

1. Шуба Я.М. "Основи молекулярної фізіології іонних каналів", Київ, Наукова думка, 2010, 447 с.
2. Verkhratsky A, Krishtal OA, Petersen OH. "From Galvani to patch-clamp: the development of electrophysiology", *Pflugers Arch.* 453:233-247, 2006 [у вільному доступі DOI: 10.1007/s00424-006-0169-z].
3. Verkhratsky A, Pappura V. "History of electrophysiology and the patch clamp", *Methods Mol Biol.* 1183:1-19, 2014.
4. Purves RD. "Microelectrode methods for intracellular recording and iontophoresis", Lond., N.-Y. etc., Academic Press, 1981.
5. Збірник методичних статей "Ion channels" в книжковій серії "Methods in Enzymology", v. 207, Academic Press, 1992.
6. Hille B. "Ion channels of excitable membranes", 3rd Edition, Sunderland MA, Sinauer Associates Inc., 2001.
7. Костюк ПГ, Зима ВЛ, Магура ІС, Мірошниченко МС, Шуба МФ. "Біофізика", Київ, Обереги, 2001.
8. Ogden DC, editor. "Microelectrode techniques, the Plymouth workshop handbook". 2nd Edition, Cambridge, UK, Company of Biologists, 1994.
9. Standen NB, Davies NW, Langton PD. "Separation and analysis of macroscopic currents", 1994 [http://www.utdallas.edu/~tres/microelectrode/microelectrodes_ch03.pdf].
10. Kostyuk PG, Krishtal OA. "Intracellular perfusion of excitable cells", New York. John Wiley & Sons, Ltd., 1984.
11. Mert T. "Sucrose-gap technique: advantages and limitations" *Neirofiziologiya/Neurophysiology*, 39(3);270-274, 2007.

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИОЛОГІЇ ІОННИХ КАНАЛІВ

12. Hamill OP, Marty A, Neher B, Sakmann B, Sigworth FJ. "Improved patch-clamp techniques for high-resolution current recording from cells and cell-free membrane patches", *Pflugers Arch.* 391:85-100, 1981.
13. DeFelice LJ. "Electrical properties of cells. Patch-clamp for biologists", New York and London. Plenum Press, 1997.
14. Molleman A. "Patch clamping. An introductory guide to patch-clamp electrophysiology", John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex, 2003.
15. "The Axon CNS guide to electrophysiology & biophysics laboratory techniques" [у вільному доступі http://student.ulb.ac.be/~dgall/Axon_Guide.pdf].

Додаткова:

1. Waltz W, editor. "Patch-clamp analysis". 2nd Edition. Neuromethods book series, v. 38, Totowa NJ, Humana Press Inc., 2007.
2. "Introduction to fluorescence microscopy", [у вільному доступі <https://www.microscopyu.com/techniques/fluorescence/introduction-to-fluorescence-microscopy>].
3. Combs CA, Shroff H. "Fluorescence microscopy: a concise guide to current imaging methods", *Curr Protoc Neurosci.* 79:2.1.1–2.1.25, 2017 [DOI: 10.1002/cpns.29].

Інтернет ресурси:

1. <https://www.brainfacts.org/the-brain-facts-book>
2. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
3. <https://eduportal.kau.org.ua/course/view.php?id=44>
4. <https://www.addgene.org/>
5. <https://www.thermofisher.com/order/fluorescence-spectraviewer#!/>
6. <https://www.chroma.com/spectra-viewer>