

**Національна академія наук України**  
**Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця**  
**Силабус навчальної дисципліни**

## **БІОФІЗИКА МЕМБРАННИХ СТРУКТУР**

Галузь знань 09 «Біологія»

Спеціальність 091 «Біологія»

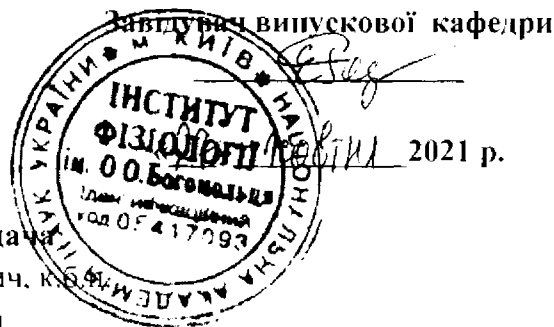
Ступінь освіти Доктор філософії

Освітньо-наукова програма Біологія ( Біофізика; Фізіологія людини і тварин, Патологічна фізіологія)

Статус Навчальна дисципліна вибіркового компонента з фахового переліку

Форма навчання Денна/заочна

Семестровий контроль залік



Інформація про викладача

Маслов Віталій Юрійович, к.б.н.

Email: [masl@biph.kiev.ua](mailto:masl@biph.kiev.ua)

### **Програма навчальної дисципліни**

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

Основна мета курсу «Біофізика мембранних структур» - розуміння студентами фундаментального значення клітинної мембрани та ролі окремих мембранних структур у функціонуванні збудливих тканин. Аспіранти отримають знання про теоретичні основи біоелектричних процесів та найважливіші сучасні біофізичні та електрофізіологічні методи дослідження збудливих клітин. Вивчаються механізми, які визначають генерування та передачу імпульсації нервовою клітиною, міжнейронну взаємодію. Також аспіранти знайомляться з основними принципами моделювання електричної активності нервових клітин. Важливе освітнє значення модуля «Біофізика мембранних структур» полягає у його міждисциплінарності: поєднанні біофізичних підходів з фізіологічними (електрофізіологічними), біохімічними, фізико-хімічними, математичного моделювання. При вивченні курсу велика увага приділяється розв'язуванню задач оціночного характеру. Навички, отримані при розв'язуванні оціночних задач, можуть бути корисними як у подальших наукових дослідженнях студентів, так і у їх діяльності у інших галузях. Індивідуальні домашні завдання побудовані таким чином, щоб закріпити теоретичний матеріал та засвоїти навички роботи з науковою періодикою з біофізики та електрофізіології.

Під час навчання у якості ілюстративного матеріалу використовуються реальні дані, отримані під час електрофізіологічних експериментів автором курсу та його колегами. На основі таких реєстрацій формулюються більшість питань для опитувань та задач.

Навчання здійснюється на основі взаємодії викладача та слухача, а також колективної роботи слухачів при розв'язуванні задач та інтерпретації електрофізіологічних даних, що сприятиме кращому засвоєнню теоретичного матеріалу та розвитку практичних навичок.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

**знання:**

- будови мембран збудливих клітин.
- функцій окремих мембранних структур.
- сучасних методів дослідження мембран.
- механізмів клітинної збудливості та її пластичності.
- основних властивостей різних типів іонних каналів та рецепторів.
- основних методологічних підходів до моделювання мембранних процесів.
- принципів передачі сигналів з мембрани в середину клітини;

**вміння:**

- орієнтуватись в сучасних напрямках біофізичних та електрофізіологічних досліджень клітинних мембран.
- оперувати характерними біофізичними параметрами збудливих клітин при виконанні модельних та оціночних розрахунків.
- користуватись сучасною науковою періодикою з біофізики мембран та електрофізіології;

**досвід:**

- знайомства з міждисциплінарним підходом.
- застосування знань, отриманих при вивченні фундаментальних курсів, при аналізі біологічних систем.
- доповідання та представлення результатів індивідуальної роботи.

Набуті знання та практичні навички сформулюють у студентів наступні компетентності.

**Загальні компетентності.**

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу
- Здатність до навчання та самоаналізу (пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел)
- Здатність вести дослідницьку діяльність, включаючи аналіз проблем, постановку цілей і завдань, вибір способу й методів дослідження, а також оцінку їх якості
- Здатність генерувати нові ідеї й нестандартні підходи до їх реалізації (креативність)

**Фахові компетентності.**

- Здатність виконувати аналіз спеціальної літератури, формулювати постановку наукової або науково-технічної задачі, обирати методи та методики, складати програми наукових досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.
- Здатність до безперервного поглиблення фундаментальних знань та систематичного вивчення та аналізу нової науково-технічної інформації, світового досвіду в галузі прикладної фізики
- Здатність відповідно до поставленої задачі проводити наукові дослідження фізичних систем, явищ і процесів (експериментальні, теоретичні, комп'ютерне моделювання) в галузі прикладної фізики та наноматеріалів
- Здатність розробити схему фізичного експерименту та обрати необхідне лабораторне обладнання для проведення експерименту, проводити експериментальне дослідження властивостей фізичної системи, явищ і процесів у фізичній системі та обробити результати експерименту із використанням сучасного прикладного програмного забезпечення
- Здатність аналізувати отримані результати, презентувати їх фахівцям у даній галузі, оформлювати наукові статті та науково-технічні звіти
- Здатність використовувати методи і засоби математичного моделювання для опису фізичних об'єктів та процесів
- Здатність до аналізу фізичних принципів функціонування інформаційних процесів у фізичних системах, в т.ч. в енергетиці та біофізиці
- Здатність готувати об'єкти дослідження та вибирати необхідне лабораторне устаткування для досліджень властивостей явищ і процесів у фізичній, біофізичній системі, в області високих фізичних технологій, фізики живих систем та новітніх джерел енергії

**2. Пререквізити дисципліни**

*Для засвоєння матеріалу курсу аспіранти повинні мати знання та навички розв'язування задач в рамках базових курсів загальної фізики та вищої математики, а також знати основні положення клітинної біології.*

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 1. Мембранний транспорт</b>					
<b>Тема 1. Вступ.</b> Мета та побудова курсу. Загальні відомості про фізіологію збудливих тканин. Методи та апаратура дослідження мембран. Будова клітинних мембран, структури, що забезпечують збудливість.	10	4	2	-	4
<b>Тема 2. Біопотенціали.</b> Транспорт іонів та іонна проникність мембран. Потенціал спокою. Потенціал дії. Еквівалентна електрична схема клітинної мембрани.	20	6	6	-	8
<b>Тема 3. Молекулярні механізми клітинної збудливості.</b> АТФ-ази клітинної мембрани. Ліганд- та потенціал-керовані іонні канали.	20	6	6	-	8
<b>Тема 4. Рекстрція біопотенціалів.</b> Споптані та викликані потенціали. Поза- та внутрішньоклітинна рекстрація. Мікроелектродна техніка.	14	4	4	-	6
<b>Тема 5. Фіксація мембранного потенціалу.</b> Метод фіксації потенціалу та його модифікації. Моделі Ходжкіна-Хакслі.	24	6	8	-	10
Разом за розділом 1	88	26	26	-	36
<b>Розділ 2. Клітинна сигналізація</b>					
<b>Тема 6. Міжклітинні зв'язки.</b> Розповсюдження потенціалу дії. Синаптична передача.	14	4	4	-	6
<b>Тема 7. Механізми взаємодії мембранних та внутрішньоклітинних процесів.</b>	20	6	6	-	8

Іонотронні та метаботронні рецептори. Кальцієва сигналізація.					
<b>Тема 8. Застосування електрофізіологічних методів у медицині.</b>					7
Домашня контрольна робота					6
Разом за розділом 2	37	10	10		27
Всього годин	135	36	36		63

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Рекомендована література

###### Базова

1. B. Alberts, A. D. Johnson, J. Lewis, D. Morgan, M. Raff, K. Roberts and P. Walter. *Molecular biology of the cell* 6<sup>th</sup> ed. W.W.Norton&Co, NY, 2014.
2. П.Г. Костюк, В.Л. Зима, І.С. Магура, М.С. Мірошніченко, М.Ф. Шуба. *Біофізика* / К. «Київський університет», 2008.
3. *The Axon Guide/ Molecular devices*, 2012.
4. Я.М. Шуба. *Основи молекулярної фізіології іонних каналів* / К. «Наукова думка», 2010.

###### Додаткова

5. B.Hille *Ionic Channels of Excitable Membranes*, 3th ed. Sinauer, Sunderland, MA, 2001.
6. A.C. Guyton, J.E. Hall. *Textbook of medical physiology*. Elsevier, 13th ed. 2016.
7. J.D. Bronzion (Ed.). *The Biomedical Engineering Handbook, Second Edition/ Boca Raton: CRC Press LLC, 2000*

##### Інтернет ресурси

Для знайомства з сучасним станом біофізики мембран та електрофізіології, поглибленого розгляду окремих питань та при виконанні курсової роботи рекомендується ресурс PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/> - база даних, що включає резюме та повні тексти наукових робіт за медико-біологічною тематикою.

#### Навчальний контент

##### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

###### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Вступ. Мета і завдання курсу. Будова клітини та функції її компартментів [1, розд. 1-3]. Загальні відомості про фізіологію збудливих тканин [1, розд. 10,11]. Будова та фізичні характеристики клітинної мембрани, мембранні білки та їх функції [1, розд. 3] [2, розд. 7].
2.	Огляд електрофізіологічних та біофізичних методів дослідження збудливих тканин та основних об'єктів досліджень [7, розд. 8]. Знайомство з відповідною апаратурою та програмним забезпеченням [3, розд. 2-3].
3.	Іони в водному розчині. Донанівська рівновага, модель Гуні-Чепмена, модель Дебая-Хюккеля. Рівняння Нернста-Планка [2, розд. 3].

4.	<i>Мембранний транспорт. Пасивний та полегшений транспорт. Активний транспорт (первинний та вторинний). АТФ-ази клітинної мембрани. [2, розд. 7]</i>
5.	<i>Природа біопотенціалів. Рівняння Нерста. Потенціал спокою. [2, розд. 8.1-2]</i>
6.	<i>Рівняння Гольдмана-Ходжкіна-Катца. Деполаризація та гіперполаризація. Потенціал дії. [2, розд. 8.3, 9.1]</i>
7.	<i>Моделювання іонної проникності клітинної мембрани. Еквівалентна схема. [2, розд. 8.4]</i>
8.	<i>Потенціал-керовані іонні канали. Електрична активність нейрона [2, розд. 9.7].</i>
9.	<i>Ліганд-керовані іонні канали, їх роль у функціонуванні нейрона. [2, розд. 10.4; 4, розд. 2].</i>
10.	<i>Ресстрація біопотенціалів. Позаклітинна та внутрішньоклітинна ресстрація. Спонтанні та викликані потенціали. Мікроелектродна техніка. [3, розд. 3, 4; 7, розд. 8, 17]</i>
11.	<i>Метод фіксації мембранного потенціалу: основні типи та конфігурації, значення методу в сучасній біофізиці та електрофізіології [2, розд. 9.4] [3, розд. 1.4, 5].</i>
12.	<i>Модель Ходжкіна-Хакслі. [2, розд. 9.5]</i>
13.	<i>Моделювання електричної активності нейрона. Модифікації моделі Ходжкіна-Хакслі для нейронів різних типів [7, розд. 11.4].</i>
14.	<i>Розповсюдження потенціалу дії. Кабельне рівняння. Швидкість передачі збудження та фактори, що на неї впливають. [2, розд. 9.2]</i>
15.	<i>Взаємодія між збудливими клітинами. Синаптична передача. Інтеграція пресинаптичних входів на нейроні. [2, розд. 10.3-4].</i>
16.	<i>Іонотропні та метаботропні рецептори, їх фармакологія. Агоністи та антагоністи іонних каналів та рецепторів [2, розд. 9] [4, розд. 2, 3].</i>
17.	<i>Кінетичні моделі взаємодії ліганд-рецептор. Рівняння Міхаеліса-Ментен. Типи блокаторів та кінетичні моделі їх взаємодії з рецепторами [2, 4.11-13] [4, розд. 3].</i>
18.	<i>Роль іонів кальцію в регуляції клітинних функцій. Кальцієва сигналізація [2, розд. 7.9, 7.10, 9.10, 10.5].</i>

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів включає підготовку до аудиторних занять, розв'язок задач, підготовка міні-доповідей за темами практичних занять, знайомство з науковою періодикою, виконання домашньої контрольної роботи, підготовка курсової роботи.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом.

- Відвідування лекцій (та • відсутність на них) не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання контрольних робіт та успішного захисту курсової роботи.
- У системі оцінювання значною є питома вага балів за активність студента на заняттях.
- Під час занять необхідно дотримуватись звичних правил поведінки. На заняттях не передбачається пошук інформації в мережі Інтернет, відповідно, мобільні телефони рекомендується відключати.
- Індивідуальні завдання (міні-доповіді, задачі) доповідаються під час практичних занять, після доповіді виділяється час на питання та обговорення. Відповіді на запитання впливають на сумарну оцінку доповіді.
- Заохочувальні та штрафні бали не передбачені.

- Терміни виконання контрольних робіт оголошуються перед їх початком, робота, не представлена вчасно, не зараховується.
- Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>).

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

Поточний контроль.

Активність на заняттях (сумарно максимум 25 балів): експрес-опитування на заняттях (1-2 бали), міні-доповіді на практичних заняттях (1-3), МКР (25), домашня контрольна робота (10)

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

Семестровий контроль: залік (40)

Умови допуску до семестрового контролю: виконані МКР та домашня контрольна робота, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Теми модульної контрольної роботи

1. Збудливі тканини (клітини), їх загальні характеристики. Будова клітинної мембрани та функції її структур.
2. Основні електрофізіологічні та біофізичні методи дослідження збудливих тканин (клітин).
3. Пасивний та активний транспорт.
4. Характеристика мембранних АТФ-аз.
5. Потенціал спокою та потенціал дії.
6. Рівняння Нернста та рівняння Гольдмана-Ходжкіна-Катца.
7. Потенціал- та ліганд-керовані іонні канали, їх роль у функціонуванні збудливої клітини.
8. Еквівалентна електрична схема мембрани.
9. Внутрішньоклітинне відведення: методи та їх застосування.
10. Модель Ходжкіна-Хакслі.

- Темы домашньої контрольної роботи (приклад).

1. Роль окремих селективних провідностей у формуванні тонічної та фазної імпульсації нейронів.
2. Експериментальне визначення параметрів моделі Ходжкіна-Хакслі.
3. Фармакологія окремого типу мембранного каналу (рецептора).
4. Вплив геометрії нейрона на імпульсну активність.
5. Залежність параметрів кальцієвого сигналу від внутрішньоклітинних та мембранних процесів.