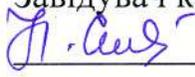


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Біологічний факультет**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

на засіданні кафедри біохімії  
біологічного факультету  
Львівського національного  
університету імені Івана Франка  
(протокол № 15 від « 13 » 02 2023 р.)

Завідувач кафедри  
 проф. Наталія СИБІРНА

**Силабус навчальної дисципліни**  
**«МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ МІЖКЛІТИННОЇ КОМУНІКАЦІЇ»,**  
що викладається в межах ОПШ «Біохімія»  
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів  
спеціальності 091 – Біологія та біохімія

Львів 2023

**Силабус курсу «Молекулярні механізми міжклітинної комунікації»  
2023–2024 н. р.**

<b>Назва курсу</b>	Молекулярні механізми міжклітинної комунікації
<b>Адреса викладання курсу</b>	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	біологічний факультет, кафедра біохімії
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	09 «Біологія» 091 – Біологія та біохімія
<b>Викладачі курсу</b>	доцент кафедри біохімії, к.б.н. Сабадашка Марія Володимирівна
<b>Контактна інформація викладачів</b>	mariya.sabadashka@lnu.edu.ua
<b>Консультації по курсу відбуваються</b>	щовівторка, 15:00–16:00 год (вул. Грушевського 4, ауд. 319)
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=1780">https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=1780</a> <a href="https://bioweb.lnu.edu.ua/course/molekulyarni-mehanizmy-mizhklitynnoji-komunikatsiji">https://bioweb.lnu.edu.ua/course/molekulyarni-mehanizmy-mizhklitynnoji-komunikatsiji</a>
<b>Інформація про курс</b>	Програма вивчення нормативної навчальної дисципліни «Молекулярні механізми міжклітинної комунікації» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра напряму 091 – Біологія та біохімія. <b>Предметом вивчення навчальної дисципліни</b> є молекулярні механізми сприймання клітинами сигналів та шляхи трансдукції сигналів у них. <b>Міждисциплінарні зв'язки:</b> Навчальна дисципліна «Молекулярні механізми міжклітинної комунікації» базується на знаннях студентів з генетики, біофізики, біохімії, фізіології людини і тварин, фізіології рослин. Глибоке вивчення цієї навчальної дисципліни становить підґрунтя для знайомства з молекулярними механізмами життєдіяльності організмів.
<b>Коротка анотація курсу</b>	Програма вивчення нормативної навчальної дисципліни «Молекулярні механізми міжклітинної комунікації» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра, викладається в 2 семестрі в обсязі 4,0 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою). Програма дисципліни структурована на модулі, до складу яких входять 2 блоки змістових модулів: <b>1. Молекулярні основи трансдукції сигналу.</b> Біохімічні основи трансдукції сигналу. Загальні принципи міжклітинної комунікації. Первинні месенджери. Рецептори сигнальних молекул. <b>2. Трансдукція сигналу в клітині.</b> Фосфорилування білків, як спосіб трансдукції сигналу всередині клітини. Участь циклічних нуклеотидів у трансдукції сигналу всередині клітини. G-білки. Метаболізм інозитолфосфатів і роль мембранних ліпідів у

	<p>міжклітинній комунікації. Роль кальцію у внутрішньоклітинному сигналюванні. Активні форми оксисену та нітрогену та редокс сигналювання.</p> <p>Рецепція/трансдукція фізичних сигналів. Роль міжклітинного сигналювання в розвитку організму та регулюванні експресії генів.</p> <p>Роль порушення трансдукції сигналу у розвитку захворювань.</p>
<p><b>Мета та цілі курсу</b></p>	<p><b>Метою є</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ вивчення загальних принципів міжклітинного та внутрішньоклітинного сигналювання, основних модулів білків в сигналюванні.</li> </ul> <p><b>Завданнями є</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ розкрити головну проблематику і тенденції розвитку сучасної молекулярної біології та сучасний стан дослідження сигнальних шляхів клітини;</li> <li>✓ охарактеризувати й проаналізувати основні прикладні аспекти застосування досягнень сучасної молекулярної біології в галузі дослідження міжклітинної комунікації.</li> </ul>
<p><b>Література для вивчення дисципліни</b></p>	<p><b>Основна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сиволоб А. В. Молекулярна біологія: підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр. Київський університет, 2008. – 384 с.</li> <li>2. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., Walter P. Molecular biology of the Cell, 5<sup>th</sup> edition. – Garland Science, 2008.</li> <li>3. Extracellular and Intracellular Signaling. – Ed. by Adams J. D., Jr., Parker K. K.. – Missoula, MT, USA, 2011</li> <li>4. Finkel T., Gutkind J. S. Signal transduction and human disease. – A John Wiley &amp; Sons, inc., Publication, 2003. – 478 p.</li> <li>5. Frank D. A. Signal transduction in cancer. – Kluwer academic publishers New York, Boston, Dordrecht, London, 2004. – 366 p.</li> <li>6. Gomperts B. D., Kramer I. M., Tatham P. E. Signal Transduction. – Academic Press, 2010.</li> <li>7. Groner B. Targeted Interference with Signal Transduction Events. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. – 192 p.</li> <li>8. Halbach O., Dermietzel R. Neurotransmitters and Neuromodulators. – Villey-VCH. 2002.</li> <li>9. Hancock J. T. Cell Signalling. – Oxford University Press, USA, 2011.</li> <li>10. Helmreich E.J. M. (Ernst J. M.) The biochemistry of cell signalling. Academic Publishers, 2001.</li> <li>11. Krauss G. Biochemistry of Signal Transduction and Regulation, 3<sup>rd</sup> edition. Villey-VCH 2003.</li> <li>12. Stanfield C. L. Principles of Human Physiology, 6th edition. – Pearson Education, 2017.</li> </ol> <p><b>Допоміжна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кучеренко М. Є. Біохімія: еволюційна і порівняльна. – К.: Либідь, 1996.</li> <li>2. Кучеренко М. Є. Біохімія. – К.: ВПЦ “Київський університет”,</li> </ol>

	<p>2002.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Остапченко Л. І. Гормональна регуляція обміну речовин і функцій організму. – К.: ВПЦ “Київський університет”, 2003.</li> <li>4. Back M. Inflammatory Signaling Through Leukotriene Receptors in Atherosclerosis // Current Atherosclerosis Reports. 2008. Vol. 10. P. 244–251.</li> <li>5. Forman H. J., Fukuto J., Torres M. Signal transduction by reactive oxygen and nitrogen species: pathways and chemical principles. – Kluwer academic publishers New York, Boston, Dordrecht, London, 2004. – 432 p.</li> <li>6. Futai M., Wada Y., Kaplan J. Handbook of ATPases – Biochemistry, Cell Biology, Pathophysiology. – Willey-VCH, 2004.</li> <li>7. Haga T., Takeda S. G protein-coupled receptors: structure, function, and ligand screening. – Taylor &amp; Francis Group, LLC, 2006. – 332 p.</li> <li>8. Levitzki A. Protein Tyrosine Kinase Inhibitors as Therapeutic Agents. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000. – 223 p.</li> <li>9. Lodish H., Arnold B., Zipursky S. L. et al. Molecular cell biology. – New York, W. H. Freeman and company, 2000.</li> <li>10. Yawata Y. Cell Membrane – The Red Blood Cell as a Model. – Willey-VCH, 2003.</li> </ol> <p><b>Інформаційні ресурси</b></p> <p><a href="http://searchlauncher.bcm.tmc.edu/seq-util/seq-util.html">http://searchlauncher.bcm.tmc.edu/seq-util/seq-util.html</a>  <a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gquery/gquery.fcgi">http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gquery/gquery.fcgi</a>,  <a href="http://2zip.molgen.mpg.de/index.html">http://2zip.molgen.mpg.de/index.html</a>,  <a href="http://elm.eu.org/">http://elm.eu.org/</a>,  <a href="http://au.expasy.org/">http://au.expasy.org/</a>,  <a href="http://www.brenda-enzymes.org/">http://www.brenda-enzymes.org/</a>,  <a href="http://www.ch.embnet.org/software/TMPRED_form.html">http://www.ch.embnet.org/software/TMPRED_form.html</a>  <a href="http://health-ua.com/parts/immunology/">http://health-ua.com/parts/immunology/</a>  <a href="http://meduniver.com/Medical/Book/2.html">http://meduniver.com/Medical/Book/2.html</a>  <a href="http://if.dsma.dp.ua/wiki/doku.php/імунологія">http://if.dsma.dp.ua/wiki/doku.php/імунологія</a></p>
<b>Тривалість курсу</b>	один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	120 год, з яких 48 год аудиторних занять, з них 32 год лекцій, 16 год практичних занять та 72 год самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Процес вивчення дисципліни спрямований на формування наступних компетентностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу інформації в галузі біохімії, молекулярної біології і на межі предметних галузей.</li> <li>✓ Здатність користуватися новітніми досягненнями біології, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.</li> <li>✓ Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.</li> <li>✓ Здатність діагностувати стан біологічних систем за результатами дослідження організмів різних рівнів організації.</li> </ul>

- ✓ Розуміння молекулярних механізмів інтеграції метаболічних процесів, що здійснюються на рівні клітини, тканини, органу, які забезпечують гомеостаз цілого організму.
- ✓ Знання про молекулярно-клітинні та біохімічні основи функціонування різних типів клітин, тканин, органів та організму, загалом.

Після завершення цього курсу студент буде:

**знати:**

- головні проблеми і тенденції розвитку досліджень міжклітинного сигналювання;
- потенційні прикладні аспекти застосування досягнень досліджень в галузі міжклітинного сигналювання в біології та медицині;

**уміти:**

- застосовувати знання про біохімічні основи трансдукції сигналу; екстраклітинні сигнали; первинні месенджери;
- застосовувати знання про мембранні рецептори та види трансдукції сигналу через мембрану, рафти, кемпінг, ядерну рецепцію;
- застосовувати знання, отримані при вивченні трансдукції сигналу в середині клітини, міжбілкових взаємодії як основи передачі сигналу в клітині, доменів і сайтів модифікації, сайтів міжбілкової взаємодії, транслокації сигнальних молекул;
- застосовувати знання про регуляцію синтезу та деградацію месенджерів як регуляція сигналювання;
- застосовувати знання про загальну регуляція транскрипції геному.

Дисципліна «Молекулярні механізми міжклітинної комунікації» забезпечує здобуття загальних компетентностей (ЗК), фахових компетентностей (ФК) і програмних результатів навчання (ПР), передбачених освітньо-професійною програмою «Біохімія» другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 09 Біологія, спеціальності 091 «Біологія та біохімія»:

- ФК01. Здатність користуватися новітніми досягненнями біології, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.
- ФК04. Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.
- ФК07. Здатність діагностувати стан біологічних систем за результатами дослідження організмів різних рівнів організації
- ФК 13. Розуміння молекулярних механізмів інтеграції метаболічних процесів, що здійснюються на рівні клітини,

	<p>тканини, органу, які забезпечують гомеостаз цілого організму.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ФК 14. Знання про молекулярно-клітинні та біохімічні основи функціонування різних типів клітин, тканин, органів та організму, загалом.</li> <li>• ПР02. Використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет ресурси для пошуку необхідної інформації.</li> <li>• ПР04. Розв'язувати складні задачі в галузі біології, генерувати та оцінювати ідеї.</li> <li>• ПР06. Аналізувати біологічні явища та процеси на молекулярному, клітинному, організменному, популяційно-видовому та біосферному рівнях з точки зору фундаментальних загальнонаукових знань, а також за використання спеціальних сучасних методів досліджень.</li> <li>• ПР07. Описувати й аналізувати принципи структурно-функціональної організації, механізмів регуляції та адаптації організмів до впливу різних чинників.</li> <li>• ПР20. Розуміти функціональну значимість гліканів у трансдукції сигналів, транспортуванні молекул, адгезії інфекційних агентів до клітин-господаря, клітинно-клітинних взаємодіях, злочасній трансформації та метастазуванні.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	трансдукція сигналів, месенджери, рецептори
<b>Формат курсу</b>	очний
	проведення лекцій, практичних занять і консультації для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	Наведено у табл. 1
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	іспит у кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з хімії, біохімії, біології
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, розв'язування вправ і задач, дискусія
<b>Необхідне обладнання</b>	персональний комп'ютер, загальнонавчівані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практичні/самостійні тощо: 60% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 30, з яких 24 бали максимально за дві доповіді та 6 балів – за участь у дискусії;</li> <li>• контрольні заміри (модулі): 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів за два модулі – 20;</li> <li>• відповідь на іспиті: максимальна кількість балів – 50.</li> </ul> <p>Іспит студент отримує на підставі результатів виконання ним усіх видів робіт на практичних заняттях та контрольних замірів впродовж семестру.</p>

	<p><b>Академічна доброчесність.</b> Роботи здобувачів є винятково оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Жодні форми порушення академічної доброчесності (відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання у роботу інших аспірантів та ін..) не толеруються. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідання занять.</b> Усі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватись усіх строків визначених для виконання письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p>
<p><b>Питання до модульних контролів (замірів знань)</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вимоги до сигналів, що надходять до клітини.</li> <li>2. Типи первинних месенджерів.</li> <li>3. Первинні месенджери: гормони, цитокіни (інтерлейкіни, інтерферони, фактори некрозу пухлин, хемокіни), ростові фактори, нейротрансмітери, феромони, пурини.</li> <li>4. Механізми дії на клітину-мішень первинних месенджерів</li> <li>5. Типи рецепторів.</li> <li>6. Ензими як рецептори для газоподібних сигнальних молекул.</li> <li>7. Кислотно-основна рівновага (рН) і температура як фактори об'ємної передачі сигналу.</li> <li>8. Білкові взаємодії як основа передачі сигналу в клітині.</li> <li>9. Домени та сайти міжбілкової взаємодії (SH2, SH3, пролін-багаті послідовності тощо).</li> <li>10. Механізм фосфорилування білків.</li> <li>11. Каскади сигналювання.</li> <li>12. Кінази.</li> <li>13. Фосфатази.</li> <li>14. Інші ковалентні модифікації білків як спосіб передачі внутрішньоклітинних сигналів.</li> <li>15. Убіквітинювання/протеоліз та регульований синтез як два процеси регуляції сигналювання.</li> <li>16. цАМФ утворення та участь у контролі метаболізму глікогену.</li> <li>17. Родина гетеротримерни G-білків.</li> <li>18. Гуанілатциклази: розчинні та мембранозв'язані гуанілатциклази.</li> <li>19. Фосфодіестерази.</li> <li>20. Компартменталізація нуклеотидного сигналювання.</li> <li>21. Надродина GTPаз: функції мономерних G білків.</li> <li>22. Метаболізм інозитол-1,4,5-трифосфату та участь інозитол фосфатів у клітинному сигналюванні.</li> </ol>

	<p>23. Роль диацилгліцеролу в клітинному сигналюванні.</p> <p>24. Похідні ліпідів, як сигнальні молекули.</p> <p>25. Участь градієнту концентрації кальцію у передачі сигналу.</p> <p>26. Участь сфінгозин-1-фосфату в вивільненні кальцію.</p> <p>27. Циклічна ADP-рибоза та NAADP<sup>+</sup> (нікотинат аденін динуклеотидфосфат).</p> <p>28. Оксид нітрогену, як сигнальна молекула.</p> <p>29. Редокс сигналювання та молекулярні механізми передачі сигналу за участю гідроген пероксиду.</p> <p>30. Участь монооксиду карбону в передачі внутрішньоклітинних сигналів.</p> <p>31. Рецепція та трансдукція фізичних та деяких хімічних сигналів: світлових, нюхових, теплових, радіаційних, магнітних, електромагнітних, гравітаційних, тиск, фізичне коливання середовища, осмос, тургор, парціальний тиск газів тощо.</p> <p>32. Рецепція хвиль, полів тощо.</p> <p>33. Транскрипційні фактори.</p> <p>34. Трансформуючий фактор росту <math>\beta</math>.</p> <p>35. Передача сигналу за участю Notch-рецепторів.</p> <p>36. Wnt-сигналювання.</p> <p>37. Передача внутрішньоклітинного сигналу за участі Toll-подібного рецептора</p> <p>38. Порушення трансдукції сигналу, як молекулярний механізм розвитку патологій (онкології, дисфункції імунної системи, дисфункції статевої системи), старіння організму людини.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

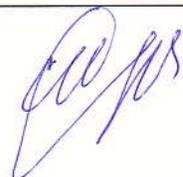
Таблиця 1

## Схема курсу «Молекулярні механізми міжклітинної комунікації»

Тиж день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1.	<b>Вступ.</b> Молекулярні основи міжклітинної комунікації.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 6 год	1 тиждень
2.	<b>Тема 1.</b> Екстраклітинні сигнали, первинні месенджери.	Лекції – 6 год, самостійна робота – 6 год	3 тижні
3.	<b>Тема 2.</b> Роль міжклітинного сигналювання в розвитку організму.	Практичні заняття – 4 год, самостійна робота – 8 год	
4.	<b>Тема 3.</b> Рецептори сигнальних молекул.	Лекції – 6 год, самостійна робота – 6 год	3 тижні
5.	<b>Тема 4.</b> Рецепція/трансдукція фізичних сигналів.	Практичні заняття – 4 год, самостійна робота – 8 год	
6.	<b>Тема 5.</b> Фосфорилування білків (англ. мовою).	Лекції – 4 год, практичні заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год	2 тижні

7.	<b>Тема 6.</b> Участь циклічних нуклеотидів у трансдукції сигналу всередині клітини.	Лекції – 4 год, практичні заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год	2 тижні
8.	<b>Тема 7.</b> Метаболізм інозитолфосфатів.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 6 год	1 тиждень
9.	<b>Тема 9.</b> Активні форми кисню та нітрогену та редокс сигналювання.	Лекції – 2 год, практичні заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год	1 тиждень
10.	<b>Тема 8.</b> Роль кальцію у сигналюванні.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год	2 тижні
11.	<b>Тема 10.</b> Роль порушення трансдукції сигналу у розвитку захворювань.	Лекції – 2 год, практичні заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год	1 тиждень

Автор



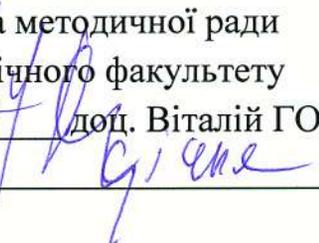
Марія САБАДАШКА

«ПОГОДЖЕНО»

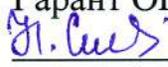
Голова методичної ради

біологічного факультету

доц. Віталій ГОНЧАРЕНКО

« 03 »  2023 р.

Гарант ОПП «Біохімія»

 проф. Наталія СИБІРНА

« 02 »  2023 р.