



Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України
Силабус навчальної дисципліни
«Біохімічні засади функціонування живих систем»

Спеціальність	091 Біологія та біохімія
Освітня програма	«Біологія та біохімія»
Освітній рівень	Доктор філософії / PhD
Статус дисципліни	Обов'язкова (ОНД7)
Мова викладання	українська
Курс/ семестр	1 курс / I семестр
Кількість кредитів ЄКТС	4 (120 годин)
Розподіл за видами занять за годинами навчання	Лекції – 30 год.
	Семінарські – 12 год.
	Самостійна робота – 76 год.
Форма підсумкового контролю	Іспит
Відповідальні відділи	Відділ біохімії вітамінів і коензимів, IV корпус, 212 кабінет, +3(044) 234-71-78, https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=5493&Itemid=304&lang=uk Відділ біохімії ліпідів, IV корпус, 327 кабінет, +3(044) 235-71-97, https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=5759&Itemid=298&lang=uk
Викладачі	Великий Микола Миколайович – завідувач відділу біохімії вітамінів і коензимів Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України, доктор біологічних наук, професор; Косякова Галина Василівна – в/о завідувача відділу біохімії ліпідів Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник.
Контактна інформація викладачів	Великий Микола Миколайович – veliky@biochem.kiev.ua Косякова Галина Василівна – kosiakova@hotmail.com
Дні занять	Згідно діючого розкладу занять https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=6045:rozklad-na-2024-2025-n-r&catid=963:rozklad-zaniat&Itemid=1214&lang=uk
Передумови вивчення дисципліни	Передумовами вивчення дисципліни «Біохімічні засади функціонування живих систем» є опанування аспірантами курсів «Біологічна та біоорганічна хімія», «Молекулярна біологія», «Біотехнологія».
Мета навчальної дисципліни полягає у формуванні системного розуміння молекулярних принципів функціонування живих організмів на основі комплексності у	

володінні інформацією щодо сучасного стану і тенденцій розвитку світової біохімічної науки, а також вмінь залучати засвоєні навички до вирішення актуальних проблем фундаментальної і прикладної біохімії, нейрохімії, біомедицини та біотехнології.

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Структурно-функціональні принципи інтеграції та регулювання клітинного метаболізму.

Тема 1. Основні принципи регулювання біокаталізу та інтегрованості метаболічних процесів в клітині.

Тема 2. Оборотні посттрансляційні ковалентні модифікації у регулюванні індивідуальних ензимів та мультиензимних комплексів.

Тема 3. Тунелювання (ченелінг) метаболітів у мультиензимних комплексах та асоціатах ензимів – метаболонах, як спосіб підвищення ефективності біокаталізу та регулювання.

Тема 4. Компартменталізація та мікро-компартменталізація ензимів і метаболічних процесів у клітині.

Тема 5. Активація та інгібування ензимів як основа регулювання метаболізму клітин.

Тема 6. Ензимопатії, молекулярна діагностика та генна терапія генетично детермінованих, вроджених вад метаболізму.

Тема 7. Універсальні принципи обміну енергії живих систем. Механізми генерування енергії.

Тема 8. Універсальні принципи обміну енергії живих систем. Біологічні процеси, що протікають з використанням енергії.

Змістовий модуль 2. Фундаментальні біохімічні механізми ліпідного сигналювання.

Тема 9. Біологічно-активні ліпіди, участь ліпідів у клітинному сигналюванні.

Тема 10. Гомеостатична роль продуктів каскаду арахідонової кислоти.

Тема 11. Молекулярна фізіологія ендоканабіноїдної системи організму.

Тема 12. N-ацилетаноламіни – клас мінорних ліпідів з адаптогенними властивостями.

Тема 13. Оксистероли як регулятори гомеостазу холестеролу та імунної відповіді.

Тема 14. Нітропохідні жирних кислот та їх роль у клітинному сигналюванні.

Програмні результати навчання

РН01. Мати концептуальні та методологічні знання з біології і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати аналізу джерел літератури, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, експерименту) і математичного та/або комп'ютерного моделювання.

РН05. Знати праці провідних зарубіжних вчених, наукові школи та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження.

РН09. Знання методологічних принципів та методів біологічних досліджень.

РН11. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти, які дають 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 і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

Система оцінювання

Оцінювання знань аспірантів здійснюється за накопичувальною 100-бальною шкалою.

Контрольні заходи: поточний контроль, що здійснюється протягом семестру під час проведення лекційних занять, а також самостійної роботи й оцінюється сумою набраних балів (максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума – 40 балів). підсумковий контроль у формі іспиту (максимальна кількість балів - 40 балів; мінімальна - 20 балів). Більш детальна інформація щодо оцінювання наведена в таблиці розподілу балів.

Поточне тестування та самостійна робота										Підсумковий тест (екзамен)		Сума		
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2					20		100		
T	T	T	T	T	T	T	T	T	T9	T10	T11	T12	T13	T14
1	2	3	4	5	6	7	8							
5	5	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	9	9	

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Навчально-методичне забезпечення	Рекомендована література
	<p><i>Змістовий модуль 1: Структурно-функціональні принципи інтеграції та регулювання клітинного метаболізму.</i></p> <p>Базова</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Комісаренко, С. В. Під знаком Нобеля: лідери наукового прогресу або роздуми вченого - біохіміка й імунолога про розвиток і значення наук про життя : монографія / С. В. Комісаренко ; укладач В. М. Данилова. - К. : ФОП Мишалов Д.В., 2020. - 240 с. 2. Лідери наукового прогресу: під знаком Нобеля / С.В. Комісаренко, В.М. Данилова, Р.П. Виноградова, С.І. Романюк, О.П. Матишевська, М.В. Григор'єва, Т.В. Данилова. За ред. С.В. Комісаренка, укл. В.М. Данилова. Видання друге, доповн. Київ: Наукова думка, 2023. 678 с. 3. Нельсон Д., Кокс М. Основи біохімії за Ленінджером. – Львів: В-во БаК. – 2015. – 1280 с. 4. Ye J, Medzhitov R. Control strategies in systemic metabolism. Nat Metab. 2019 Oct;1(10):947-957. doi: 10.1038/s42255-019-0118-8. Epub 2019 Oct 7. PMID: 32694839 Review. 5. Straube R. Analysis of network motifs in cellular regulation: Structural

- similarities, input-output relations and signal integration. *Biosystems*. 2017 Dec;162:215-232. doi: 10.1016/j.biosystems.2017.10.012. Epub 2017 Oct 28. PMID: 29107640 Review.
6. Xiao W, Wang RS, Handy DE, Loscalzo J. NAD(H) and NADP(H) Redox Couples and Cellular Energy Metabolism. *Antioxid Redox Signal*. 2018 Jan 20;28(3):251-272. doi: 10.1089/ars.2017.7216. Epub 2017 Jul 28. PMID: 28648096. Review.
 7. Fürtauer L, Nägele T. Approximating the stabilization of cellular metabolism by compartmentalization. *Theory Biosci*. 2016 Jun;135(1-2):73-87. doi: 10.1007/s12064-016-0225-y. Epub 2016 Apr 5. PMID: 27048513.
 8. Kessler AC, Silveira d'Almeida G, Alfonzo JD. The role of intracellular compartmentalization on tRNA processing and modification. *RNA Biol*. 2018;15(4-5):554-566. doi: 10.1080/15476286.2017.1371402. Epub 2017 Sep 26. PMID: 28850002 Free PMC article. Review.
 9. Lewis CA, Parker SJ, Fiske BP, McCloskey D, Gui DY, Green CR, Vokes NI, Feist AM, Vander Heiden MG, Metallo CM. Tracing compartmentalized NADPH metabolism in the cytosol and mitochondria of mammalian cells. *Mol Cell*. 2014 Jul 17;55(2):253-63. doi: 10.1016/j.molcel.2014.05.008. Epub 2014 May 29. PMID: 24882210.
 10. Zhang Y, Fernie AR. Stable and Temporary Enzyme Complexes and Metabolons Involved in Energy and Redox Metabolism. *Antioxid Redox Signal*. – 2020. doi: 10.1089/ars.2019.7981. Online ahead of print. PMID: 32368925.
 11. Sweetlove LJ, Fernie AR. The role of dynamic enzyme assemblies and substrate channelling in metabolic regulation. *Nat Commun*. 2018 May 30;9(1):2136. doi: 10.1038/s41467-018-04543-8. PMID: 29849027. Review.
 12. Svedružić ŽM, Odorčić I, Chang CH, Svedružić D. Substrate Channeling via a Transient Protein-Protein Complex: The case of D-Glyceraldehyde-3-Phosphate Dehydrogenase and L-Lactate Dehydrogenase. *Sci Rep*. 2020 Jun 26;10(1):10404. doi: 10.1038/s41598-020-67079-2. PMID: 32591631.
 13. Wang N, McCammon JA. Substrate channeling between the human dihydrofolate reductase and thymidylate synthase. *Protein Sci*. 2016 Jan;25(1):79-86. doi: 10.1002/pro.2720. Epub 2015 Jun 29. PMID: 26096018.
 14. Fleming JR, Schupfner M, Busch F, Baslé A, Ehrmann A, Sterner R, Mayans O. Evolutionary Morphing of Tryptophan Synthase: Functional Mechanisms for the Enzymatic Channeling of Indole. *J Mol Biol*. 2018 Dec 7;430(24):5066-5079. doi: 10.1016/j.jmb.2018.10.013. Epub 2018 Oct 25. PMID: 30367843.
 15. Figlia G, Willnow P, Teleman AA. Metabolites Regulate Cell Signaling and Growth via Covalent Modification of Proteins. *Dev Cell*. 2020 Jul 20;54(2):156-170. doi: 10.1016/j.devcel.2020.06.036. PMID: 32693055 Review.
 16. Czuba LC, Hillgren KM, Swaan PW. Post-translational modifications of transporters. *Pharmacol Ther*. 2018 Dec;192:88-99. doi: 10.1016/j.pharmthera.2018.06.013. Epub 2018 Jun 30. PMID: 29966598 Free PMC article. Review.
 17. Humphrey SJ, James DE, Mann M. Protein Phosphorylation: A Major Switch Mechanism for Metabolic Regulation. *Trends Endocrinol Metab*. 2015 Dec;26(12):676-687. doi: 10.1016/j.tem.2015.09.013. Epub 2015 Oct 20. PMID: 26498855 Review.
 18. Chen Z, Zhang Y. Role of Mammalian DNA Methyltransferases in

Development. *Annu Rev Biochem.* 2020 Jun 20;89:135-158. doi: 10.1146/annurev-biochem-103019-102815. Epub 2019 Dec 9. PMID: 31815535

19. Cohen MS, Chang P. Insights into the biogenesis, function, and regulation of ADP-ribosylation. *Nat Chem Biol.* 2018 Feb 14;14(3):236-243. doi: 10.1038/nchembio.2568. PMID: 29443986 Free PMC article. Review.
20. Kim DS, Challa S, Jones A, Kraus WL. PARPs and ADP-ribosylation in RNA biology: from RNA expression and processing to protein translation and proteostasis. *Genes Dev.* 2020 Mar 1;34(5-6):302-320. doi: 10.1101/gad.334433.119. Epub 2020 Feb 6. PMID: 32029452 Free PMC article. Review.
21. Pohl C, Dikic I. Cellular quality control by the ubiquitin-proteasome system and autophagy. *Science.* 2019 Nov 15;366(6467):818-822. doi: 10.1126/science.aax3769. Epub 2019 Nov 14. PMID: 31727826 Review.
22. Leestemaker Y, Ovaas H. Tools to investigate the ubiquitin proteasome system. *Drug Discov Today Technol.* 2017 Dec;26:25-31. doi: 10.1016/j.ddtec.2017.11.006. Epub 2017 Nov 26. PMID: 29249239 Free article. Review.

Допоміжна

1. Chen AH, Silver PA. Designing biological compartmentalization. *Trends Cell Biol.* 2012 Dec;22(12):662-70. doi: 10.1016/j.tcb.2012.07.002. Epub 2012 Jul 27. PMID: 22841504 Review.
2. Ovádi J, Saks V. On the origin of intracellular compartmentation and organized metabolic systems. *Mol Cell Biochem.* 2004 Jan-Feb;256-257(1-2):5-12. doi: 10.1023/b:mcbi.0000009855.14648.2c. PMID: 14977166 Review.
3. Huang YM, Huber GA, Wang N, Minter SD, McCammon JA. Brownian dynamic study of an enzyme metabolon in the TCA cycle: Substrate kinetics and channeling. *Protein Sci.* 2018 Feb;27(2):463-471. doi: 10.1002/pro.3338. Epub 2017 Nov 21. PMID: 29094409.
4. Wu F, Minter S. Krebs cycle metabolon: structural evidence of substrate channeling revealed by cross-linking and mass spectrometry. *Angew Chem Int Ed Engl.* 2015 Feb 2;54(6):1851-4. doi: 10.1002/anie.201409336. Epub 2014 Dec 23. PMID: 25537779.
5. Dunn M.F. Allosteric regulation of substrate channeling and catalysis in the tryptophan synthase bienzyme complex // *Archives of Biochemistry and Biophysics.* – 2012. – V. 519, № 2. – P. 154–166. Review.
6. Hopp AK, Grüter P, Hottiger MO. Regulation of Glucose Metabolism by NAD(+) and ADP-Ribosylation. *Cells.* 2019 Aug 13;8(8):890. doi: 10.3390/cells8080890. PMID: 31412683 Free PMC article. Review.
7. Munnur D, Bartlett E, Mikolčević P, Kirby IT, Rack JGM, Mikoč A, Cohen MS, Ahel I. Reversible ADP-ribosylation of RNA. *Nucleic Acids Res.* 2019 Jun 20;47(11):5658-5669. doi: 10.1093/nar/gkz305. PMID: 31216043 Free PMC article.
8. Liu C, Fang Y. New insights of poly(ADP-ribosylation) in neurodegenerative diseases: A focus on protein phase separation and pathologic aggregation. *Biochem Pharmacol.* 2019 Sep;167:58-63. doi: 10.1016/j.bcp.2019.04.028. Epub 2019 Apr 26. PMID: 31034795 Review
9. Дрель В.Р., Шиманський І.О., Сибірна Н.О., Великий М.М. Роль ензимів родини PARP та процесу полі-ADP-рибозилування протеїнів у регулюванні клітинних функцій // *Укр. біохім. журнал.* – 2011. – Т. 83, № 6. – С. 5-34.

10. Gaczynska M, Osmulski PA. Targeting Protein-Protein Interactions in the Ubiquitin-Proteasome Pathway. *Adv Protein Chem Struct Biol.* 2018;110:123-165. doi: 10.1016/bs.apcsb.2017.09.001. Epub 2017 Oct 18. PMID: 29412995 Review.
11. Sommer T, Wolf DH. The ubiquitin-proteasome-system. *Biochim Biophys Acta.* 2014 Jan;1843(1):1. doi: 10.1016/j.bbamcr.2013.09.009. Epub 2013 Sep 19. PMID: 24055503 No abstract available.
12. Wilson VG. Introduction to Sumoylation. *Adv Exp Med Biol.* 2017;963:1-12. doi: 10.1007/978-3-319-50044-7_1. PMID: 28197903 Review.

Змістовий модуль 2: Фундаментальні біохімічні механізми ліпідного сигналювання.

Базова

1. Комісаренко, С. В. Під знаком Нобеля: лідери наукового прогресу або роздуми вченого - біохіміка й імунолога про розвиток і значення наук про життя : монографія / С. В. Комісаренко ; укладач В. М. Данилова. - К. : ФОП Мишалов Д.В., 2020. - 240 с.
2. Лідери наукового прогресу: під знаком Нобеля / С.В. Комісаренко, В.М. Данилова, Р.П. Виноградова, С.І. Романюк, О.П. Матишевська, М.В. Григор'єва, Т.В. Данилова. За ред. С.В. Комісаренка, укл. В.М. Данилова. Видання друге, доповнене. Київ: Наукова думка, 2023. 678 с.
3. Нельсон Д., Кокс М. Основи біохімії за Ленінджером. – Львів: В-во БаК. – 2015. – 1280 с.
4. Гула Н.М., Маргітич В.М. Жирні кислоти та їх похідні при патологічних станах. К.: Наукова думка, 2009, 334 с.
5. Mutlu AS, Duffy J, Wang MC. Lipid metabolism and lipid signals in aging and longevity. *Dev Cell.* 2021 May 17;56(10):1394-1407. doi: 10.1016/j.devcel.2021.03.034.
6. Hannun YA, Obeid LM. Principles of bioactive lipid signalling: lessons from sphingolipids. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2008 Feb;9(2):139-50. doi: 10.1038/nrm2329.
7. Murakami M, Nakatani Y, Atsumi GI, Inoue K, Kudo I. Regulatory Functions of Phospholipase A2. *Crit Rev Immunol.* 2017;37(2-6):127-195. doi: 10.1615/CritRevImmunol.v37.i2-6.20.
8. Foo CX, Bartlett S, Ronacher K. Oxysterols in the Immune Response to Bacterial and Viral Infections. *Cells.* 2022 Jan 7;11(2):201. doi: 10.3390/cells11020201.
9. Carboneau BA, Breyer RM, Gannon M. Regulation of pancreatic β -cell function and mass dynamics by prostaglandin signaling. *J Cell Commun Signal.* 2017 Jun;11(2):105-116. doi: 10.1007/s12079-017-0377-7.

Допоміжна

1. Scipioni L, Ciaramellano F, Carnicelli V, Leuti A, Lizzi AR, De Dominicis N, Oddi S, Maccarrone M. Microglial Endocannabinoid Signalling in AD. *Cells.* 2022 Apr 6;11(7):1237. doi: 10.3390/cells11071237.
2. Maccarrone M. Deciphering Complex Interactions in Bioactive Lipid Signaling. *Molecules.* 2023 Mar 14;28(6):2622. doi: 10.3390/molecules28062622.
3. Masoodi M., Kuda J., Rossmeisl M. Lipid signaling in adipose tissue: connecting inflammation and metabolism // *Biochim.Biophys.Acta.* – 2015. – V.1851 (4). –P. 503-518.

- connecting inflammation and metabolism //Biochim.Biophys.Acta. – 2015. – V.1851 (4). –P. 503-518.
4. Papackova Z., Cahova M. Fatty Acid Signaling: The New Function of Intracellular Lipases // Int. J. Mol. Sci. –2015, –V. 16. –P. 3831-3855.
 5. Mallat A., Teixeira-Clerc F., Lotersztajn S. Cannabinoid signaling and liver therapeutics //J Hepatol. – 2013. –V.59(4). –P. 891-896.
 6. Kim J., Li Y., Watkins B.A. Endocannabinoid signaling and energy metabolism: a target for dietary intervention // Nutrition. –2011. –V.27(6). – P. 624-632.
 7. Carbonare M., Giudice E., Stecca A., et al. A saturated N-acylethanolamine other than N-palmitoylethanolamine with anti-inflammatory properties: a neglected story...//J Neuroendocrinol. –2008. –V. 20 Suppl 1. –P. 26-34.
 8. Oz M. Receptor-independent actions of cannabinoids on cell membranes: focus on endocannabinoids //Pharmacology and Therapeutic III. –2006. – P.114-144.
 9. Nyilas R., Dudok B., Urbán G.M., et al. Enzymatic machinery for endocannabinoid biosynthesis associated with calcium stores in glutamatergic axon terminals // The Journal of Neuroscience. –2008. –V. 28 № 5. –P. 1058-1063.
 10. Farrell E.K., Merkler D.J. Biosynthesis, degradation and pharmacological importance of the fatty acid amides. //Drug discovery today. –2008. –V.13, № 13-14. –P. 558-568.
 11. Гула Н. М., Косякова Г.В. N-ацилетаноламіни (NAE): нові аспекти біологічної дії // Медичний всесвіт. -2003. -3, №2. -С.62-67.

Інформаційні ресурси

1. https://vufind.carli.illinois.edu/vf-uic/Record/uic_2083101/TOC
2. [https://www.hse.ru/data/2013/10/09/1280379806/Fundamental%20Neuroscience%20\(3rd%20edition\)%202008.pdf](https://www.hse.ru/data/2013/10/09/1280379806/Fundamental%20Neuroscience%20(3rd%20edition)%202008.pdf)
3. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19526857>
4. <https://www.sciencedaily.com/releases/2018/09/180920101101.htm>
5. <https://uk.dralexjimenez.com>

Розгорнуту інформацію щодо компетентностей, результатів навчання, методів навчання, форм оцінювання, самостійної роботи наведено у Робочій програмі навчальної дисципліни:

https://biochemistry.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=5948&Itemid=1408&lang=uk

Силабус затверджено на засіданні Вченої ради Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України

Протокол № 8 від 29 жовтня 2024 року

Гарант освітньо-наукової програми
академік НАН України
д.б.н., професор



Сергій КОМІСАРЕНКО

Сергій КОМІСАРЕНКО