

НАЗВА ДИСЦИПЛІНИ: «МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ ТОЧНОСТІ ТРАНСЛЯЦІЇ»

Дисципліна вільного вибору аспіранта

ДВА.3.01.03

ВИКЛАДАЧ:

Тукало Михайло Арсентійович, д.б.н., професор, академік НАН України, директор ІМБГ НАН України e-mail: mtukalo@imb.org.ua

ЗАГАЛЬНЕ НАВАНТАЖЕННЯ: 3 кредити ЄКТС

Заняття в аудиторії: 30 годин (12 годин – лекційні заняття, 12 годин – семінарські заняття, 4 години – модульні контрольні роботи, 2 години – консультація)

Самостійна робота слухачів курсу: 60 годин.

АНОТАЦІЯ

Дисципліна «Молекулярні механізми точності трансляції» належить до переліку дисциплін вільного вибору аспіранта. Вона забезпечує особистісний і професійний розвиток аспіранта та спрямована на формування бази знань, достатньої для подальшої успішної самостійної дослідницької роботи у галузі сучасної молекулярної біології та генетики.

МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСУ:

Мета навчальної дисципліни: дати сучасні знання про передачу (переклад) генетичної інформації від ДНК до білка, що лежить в основі всього живого і розуміння молекулярних механізмів, які забезпечують точність цього процесу, та підготувати аспіранта, як ефективного дослідника в царині сучасної біології.

РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ, МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ І ФОРМИ ОЦІНЮВАННЯ

Результати навчання	Методи викладання і навчання	Форми оцінювання
<i>Аспірант повинен знати:</i> сучасний стан механізмів перекладу генетичного коду з мови послідовності нуклеотидів в нуклеїнових кислотах на мову послідовності амінокислот у білках, адапторну роль тРНК, механізми забезпечення точного впізнавання тРНК та амінокислот аміноацил-тРНК синтетазами та механізми корегування помилок, методи вивчення точності трансляції генетичної інформації. <i>Аспірант повинен вміти:</i> творчо використовувати у навчальній, дослідницькій та викладацькій діяльності знання щодо точності трансляції генетичної	Лекції, семінарські заняття	Модульні контрольні роботи; презентації на семінарських заняттях; іспит з дисципліни.

інформації, механізмів корегування помилок трансляції, оцінювати результати як рівня точності трансляції так і рівня можливих помилок при адаптивній трансляції за стресових станів живої клітини.		
--	--	--

ЗМІСТ КУРСУ

Вступне слово

Курс „Молекулярні механізми точності трансляції” є важливою складовою підвищення фундаментальної підготовки та вдосконалення умінь здобувачів в дослідницькій діяльності. Предмет навчальної дисципліни «Молекулярні механізми точності трансляції» є важливим розділом молекулярної біології, що вивчає якість контролю передачі генетичної інформації від ДНК до протеїну. В курсі детально розглядаються учасники та молекулярні механізми специфічного синтезу аміноацил-тРНК та корегування помилок трансляції: I модуль (1,5 кредити) – «Загальна характеристика процесу трансляції, генетичний код та синтез аміноацил-тРНК»; II модуль (1,5 кредити) – «Надспецифічність аміноацил-тРНК синтетази, корегування помилок».

Тематичний план

Ном ер лекц ії	Назва лекції	Кількість годин				Модуль а контроль на робота
		лекц ії	семі нари	лабор аторні	СР	
ЗМ1: Загальна характеристика процесу трансляції, генетичний код, синтез аміноацил-тРНК (1,5 кредити)						
1	Компоненти апарата трансляції. Полярність трансляції. Три основні класи РНК. Загальні властивості генетичного коду.	2	2		10	
2	Транспортна РНК – молекула адаптор. Структура тРНК : первинна, вторинна і третинна. Різні типи тРНК та тРНК-подібні структури. Адапторная гіпотеза Ф.Кріка.	2	2		10	
3	Аміноацил-тРНК синтетази. Два структурні класи аміноацил-тРНК синтетаз та каталітичний механізм реакції аміноцилювання тРНК. Надмолекулярні комплекси АРСаз. Неканонічні функції АРСаз.	2	2		10	
	Модульна контрольна робота №1					2

ЗМ2: Надспецифічність аміноацил-тРНК синтетаз, корегування помилок (1,5 кредити)						
4	Проблема “впізнання” (recognition) тРНК. Елементи ідентичності тРНК (identity elements of tRNA). Приклади специфічного впізнання тРНК аміноацил-тРНК синтетазами на атомному рівні.	2	2		10	
5	Проблема підтримки амінокислотної специфічності АРСазами. Концепція «подвійного сита» А.Фершта. Пре-трансферна та пост-трансферна корекція помилок.	2	2		10	
6	Приклади механізмів корегування АРСазми 1-го та 2-го структурного класу. тРНК-залежний механізми гідролізу помилкових продуктів.	2	2		10	
	Модульна контрольна робота №2					2
	Всього	12	12		60	4

УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО РЕЙТИНГУ

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою. Підсумкова оцінка розраховується за **накопичувальною системою**. При цьому максимальна кількість балів встановлюється наступним чином:

	Змістовний модуль 1	Змістовний модуль 2	Комплексний підсумковий модуль (іспит)	Підсумкова оцінка за повний курс
Максимальна кількість балів	35	35	30	100

На семестр заплановано певну кількість 2 контрольні та 2 самостійні роботи:

За 1 контрольну роботу здобувач може отримати - максимум 25 балів.

За самостійне завдання в першому модулі – максимум 10.

За перший змістовний модуль – максимум 35 балів.

За 2 контрольну роботу здобувач може отримати - максимум 25 балів.

За самостійне завдання в другому модулі – максимум 10.

За другий змістовний модуль – максимум 35 балів.

ВИМОГИ І КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Види робіт	Кількість балів за один вид робіт	Критерії оцінювання
Модульна контрольна робота	25	Роботу виконано і подано вчасно; автор демонструє належний рівень знань, здатен аналізувати інформацію, мислити логічно.
Модульна контрольна робота	10-24	Роботу виконано і подано вчасно; автор демонструє розуміння не всіх тем курсу.
Модульна контрольна робота	1-9	Роботу виконано невчасно; автор демонструє прогалини у знаннях основних понять молекулярної біології.
Доповідь та презентація	10	Доповідь зроблена вчасно, використовуючи максимальну кількість сучасних наукових публікацій з обраної теми. Доповідь побудовано логічно та послідовно, автор розуміє проблематику питання та може відповісти на поставлені питання.
Доповідь та презентація	4-9	Доповідь зроблена вчасно, автор не повністю розуміє проблематику питання та може відповісти на частину поставлених питань.
Доповідь та презентація	1-3	Доповідь зроблена невчасно, автор не розуміє проблематику питання, має істотні прогалини у знаннях, не може відповісти на питання.
	0	Завдання не виконане у обумовлені викладачем терміни або містить плагіат.

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної шкали оцінювання в національну шкалу та шкалу ЄКТС

За 100-бальною шкалою	За національною шкалою	За шкалою ЄКТС
	ІСПИТ	
91 – 100	Відмінно Добре	A (відмінно)
81 – 90		B (дуже добре)
71 – 80		C (добре)

66 – 70	Задовільно	D (задовільно)
60 – 65		E (достатньо)
35 – 59	Незадовільно	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 34		F (неприйнятно)

Мінімальний рівень оцінки за роботу в семестрі (допуск до іспиту) складає 35 балів. У разі отримання оцінки «неприйнятно» (нижче 35 балів) здобувач не допускається до складання іспиту. У разі отримання оцінки «незадовільно» здобувач має право на два перескладання: викладачеві та комісії. Максимальна підсумкова оцінка після перескладання може бути лише «задовільно».

ПОЛІТИКА ДОБРОЧЕСНОСТІ

Виконання навчальних завдань і робота в курсі має відповідати вимогам «Кодексу академічної доброчесності ІМБГ НАНУ», затвердженого Вченою радою ІМБГ НАН України 10 вересня 2019 року, http://imbg.org.ua/docs/education/IMBG_academic_integrity_code.pdf

та вимогам «Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Інституті молекулярної біології і генетики Національної академії наук України від 23 червня 2026 року»: <https://www.imbg.org.ua/docs/education/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%83%20%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%86%D0%9C%D0%91%D0%93%20%D0%9D%D0%90%D0%9D%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%96%CC%88%D0%BD%D0%B8%202026..pdf>

ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

Загальні компетентності

- ЗК-1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК-2 Здатність використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій
- ЗК-3. Здатність самостійно проводити на сучасному рівні актуальні наукові дослідження
- ЗК-4. Здатність до пошуку, оброблення на аналізу інформації з різних джерел
- ЗК-5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
- ЗК-6. Здатність працювати в міжнародному науковому просторі
- ЗК-7. Здатність до розробки та управління науковими проектами
- ЗК-8. Здатність розвиватися, вчитися і самовдосконалюватись
- ЗК-9. Здатність до окреслення та розв'язання на сучасному рівні наукових проблем
- ЗК-10. Здатність діяти з соціальною відповідальністю та громадянською свідомістю

Спеціальні (фахові) компетентності

- СК-1 Здатність застосовувати отримані знання та уміння для вирішення проблем сучасної біології та біохімії

СК-2 Здатність формулювати наукову проблему та знаходити шляхи її розв'язання, формуючи робочі гіпотези, переосмислювати наявні та створювати нові знання

СК-3 Здатність визначати завдання біологічного дослідження та обирати адекватні методи для ефективного розв'язання конкретних науково-практичних задач у галузі біології та біохімії

СК-4 Здатність самостійно проводити наукові дослідження, що ведуть до отримання нових цілісних знань

СК-5 Здатність до адекватної інтерпретації даних, отриманих в результаті наукового дослідження, та порівняння фактів, виявлених у власних наукових дослідженнях, з сучасними концепціями, гіпотезами та теоріями

СК-6 Поглиблене знання і розуміння у конкретній галузі біології

СК-7 Здатність ефективно спілкуватися з широкою науковою спільнотою

СК-8 Розуміння етичних аспектів наукової діяльності

СК-9 Здатність розвивати особисте відчуття відповідальності за отримані в ході наукової діяльності результати

СК-10 Здатність представляти результати власного дослідження широкому загалу фахівців та нефахівців; здатність працювати у команді

ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

ПР1. Мати сучасні знання в біології: новітні концепції біології, знати сучасне методологічне та інструментальне забезпечення молекулярної біології, молекулярної генетики та біотехнології, інших суміжних предметних галузей знань

ПР2. Вільно спілкуватися з науковою спільнотою та громадськістю в певній галузі наукової та/або професійної діяльності; представляти результати наукових досліджень у наукових публікаціях у фахових вітчизняних та міжнародних виданнях та на конференціях як державною, так і іноземною мовою

ПР3. Знати сучасну фахову літературу у галузі дослідження: фундаментальні зарубіжні та вітчизняні праці, представників наукових шкіл

ПР4. Критично аналізувати наукову літературу та вміти визначати мало досліджені та суперечливі питання; формулювати ідеї та гіпотези, спрямовані на розв'язання досліджуваної проблеми; визначати актуальність власного наукового дослідження, обирати адекватні методи та підходи до його виконання, ініціювати, організовувати та проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької діяльності

ПР5. Вміти творчо застосовувати фундаментальні біологічні знання для адекватної оцінки та розв'язання прикладних задач у галузі біотехнології, молекулярної біології, молекулярної генетики

ПР6. Уміння ініціювати наукові та інноваційні проекти в галузі біології та у суміжних галузях науки, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання і розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми біології з дотриманням норм академічної доброчесності з урахуванням соціальних, економічних, та правових аспектів; ініціативність та відповідальність під час їх реалізації

ПР7. Формування системного наукового світогляду, методологічної культури науковця, креативного мислення, філософського осмислення шляхів формулювання нових ідей, історичного досвіду розв'язання проблем в галузі дослідницько-інноваційної діяльності, професійної наукової етики

ПР8. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу великого обсягу інформації, використовувати спеціалізовані бази даних та інформаційні системи

ПР9. Підходити до постановки та виконання експериментального завдання з огляду на сучасні уявлення про молекулярні механізми біологічних процесів

ПР10. Вміти залучати в науково-дослідну роботу як традиційні, так і новітні біотехнологічні методи

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Kisly I., Tamm N. Archaea/eukaryote-specific ribosomal proteins – guardians of a complex structure // Computational and Structural Biotechnology Journal – 2023. – Vol.21, - P.1249-1261.
2. Pang L., Weeks S., Van Aerschot A. Aminoacyl-tRNA synthetases as Valuable Targets for Antimicrobial Drug Discovery // Int.J.Molecular Sciences – 2021. – Vol. 22, - P. 1750-1784. (DOI: [10.3390/ijms22041750](https://doi.org/10.3390/ijms22041750)).
3. Watson Z.L., Ward F.R., Meheust R., Ad O., Schepartz A., Banfield J.F. Cate J.H. Structure of the bacterial ribosome at 2A resolution // Elife. – 2020. – Vol. 14, e60482 (DOI: [10.7554/eLife.60482](https://doi.org/10.7554/eLife.60482)).
4. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рефф М., Робертс К., Уотсон Дж.. Молекулярная биология клетки (в трех томах), 4-е издание. – М.: Мир, 2014.
5. Weaver R. F. (2012) Molecular Biology, Fifth Edition, Published by McGraw-Hill, P 856.
6. Сиволоб А. В (2008) Молекулярна біологія. Видав: поліграфічний центр Київський університет. 384 с.
7. Giege R. and Eriani G. Critical Reviews and Perspectives The tRNA identity landscape for aminoacylation and beyond // Nucl Acids Res. – 2023. – Vol. 51. – P. 1528-1570. (DOI: [10.1093/nar/gkad007](https://doi.org/10.1093/nar/gkad007))
8. Tukalo M. A., Yaremchuk G. D., Kovalenko O. P., Krikliivi I. A., Gudzera O. Recognition of tRNAs with a long variable arm by aminoacyl-tRNA synthetases// Bipolym. Cell. – 2013. – Vol. 29. – P. 311-323.
9. Lodish H., A.Berk; P.Matsudaira; C.A.Kaiser; M.Krieger; M.P.Scott; S.L.Zipursky; J.E.Darnell. Molecular Cell Biology (5th Edition); 2003.
10. Perona J.J, Gruic-Sovulj I. Synthetic and Editing Mechanisms of Aminoacyl-tRNA Synthetases // Top Curr Chem. - 2013. - P.1-41. (DOI: [10.1007/128_2013_456](https://doi.org/10.1007/128_2013_456)).
11. Yadavalli S.S., Ibba M. Quality control in aminoacyl-tRNA synthetases: its role in translational fidelity // Advances in protein chemistry and structural biology - 2012. – Vol. 86, - P. 1-43/ (DOI: [10.1016/B978-0-12-386497-0.00001-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386497-0.00001-3)).

Додаткова:

1. Tijaro-Bulla S., Nyandwi S.P., Cui H. Physiological and engineered tRNA aminoacylation // WIREs RNA – 2023. Vol. 14, e1789 (DOI: [10.1002/wrna.1789](https://doi.org/10.1002/wrna.1789))
2. Khan K., Gogonea V., Fox P. Aminoacyl-tRNA synthetases of multi-tRNA synthetase complex and their role in tumorigenesis // Translational Oncology – 2022. – Vol. 19. – P.101392 (DOI: [10.1016/j.tranon.2022.101392](https://doi.org/10.1016/j.tranon.2022.101392)).
3. Kumar N., Sharma S., Kaushal P.S. Cryo-EM structure of the mycobacterial 70S ribosome in complex with ribosome hibernation promotion factor RafH // Nat. Commun. – 2024. -Vol. 15. – P. 638 (DOI: [0.1038/s41467-024-44879-y](https://doi.org/10.1038/s41467-024-44879-y)).

4. Eriani G., Delarue M., Poch O., Gangloff J., Moras D. Partition of tRNA synthetases into two classes based on mutually exclusive sets of sequence motifs // *Nature*.—1990.—Vol. 347, N 6289.— P. 203–206.
5. Arnez J. G., Moras D. Structural and functional consideration of the aminoacylation reaction // *Trends Biochem. Sci.*—1998.— Vol.22, N 6.— P. 211–216.
6. Cusack S. Eleven down and nine to go // *Nat. Struct. Biol.*—1995.— Vol. 2, N 10.—P. 824–831.
7. Perona J.J., Hadd A. Structural Diversity and Protein Engineering of the Aminoacyl-tRNA Synthetases // *Biochemistry* – 2012. – Vol. 51. – P. 8705-8729. – 2021. Vol. 21, P. 1-34. (DOI)
8. Cusack S., Yaremchuk A., Tukalo M. tRNA recognition by aminoacyl-tRNA synthetases // *The many faces of tRNA* / Eds D. S. Eggleston, C. D. Prescott, N. D. Pearson.—London: Acad. Press, 1997.—P. 55–65.
9. Palencia A., Crepin T., Vu M. T., Lincecum T. L. Jr., Martinis S.A., Cusack S. Structural dynamics of the aminoacylation and proofreading functional cycle of bacterial leucyl-tRNA synthetase // *Nat. Struct. Mol. Biol.*—2012.— Vol.19, N 7.—P. 677–684.
10. Tukalo M., Yaremchuk A., Fukunaga R., Yokoyama S., Cusack S. The crystal structure of leucyl-tRNA synthetase complexed with tRNA^{Leu} in the post-transfer-editing conformation // *Nat. Struct. Mol. Biol.*—2005.—Vol.12, N 10.—P. 923–930.
11. Yaremchuk A., Kriklivyi I., Tukalo M., Cusack S. Class I tyrosyl-tRNA synthetase has a class II mode of cognate tRNA recognition // *EMBO J.*—2002.— Vol.21, N 14.—P. 3829–3240.
12. Lincecum T. L. Jr., Tukalo M., Yaremchuk A. et al. Structural and mechanistic basis of pre- and posttransfer editing by leucyl-tRNA synthetase // *Mol. Cell.*—2003.—11, 4.—P. 951–963.
13. Perona J.J., Hadd A. Structural Diversity and Protein Engineering of the Aminoacyl-tRNA Synthetases // *Biochemistry* – 2012. – Vol. 51. – P. 8705-8729.
14. Pan T. Adaptive Translation as a Mechanism of Stress Response and Adaptation // *Annu. Rev. Genet.* – 2013. -Vol.47 – P.139-155.
15. Raina M., Ibba M. tRNAs as regulators of biological processes // *Front. Gen.* – 2014. Vol.5. – P. 1-14.
16. Yao P., Fox P.L. Aminoacyl-tRNA synthetases in medicine and diseases // *EMBO Mol. Med.* – 2013. – Vol. 5. – P. 1-12.