

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра молекулярної і медичної біофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету радіофізики,  
біомедичної електроніки та  
комп'ютерних систем  
Шульга Сергій Миколайович

“ ” 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Ймовірнісні методи в біології та медицині**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_

галузь знань \_\_\_\_\_ 10 Природничі науки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

спеціальність \_\_\_\_\_ 105 Прикладна фізика та наноматеріали \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

освітня програма \_\_\_\_\_ Біофізика \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни \_\_\_\_\_ за вибором \_\_\_\_\_  
(обов'язкова / за вибором)

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем \_\_\_\_\_

2023\_ / 2024\_ навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

28 червня 2023 року, протокол № 6.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Горобченко Ольга Олександрівна, к.ф.-м.н., доцент кафедри молекулярної та медичної біофізики

Програму схвалено на засіданні кафедри молекулярної і медичної біофізики факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Протокол від 27 червня 2023 року № 6

Завідувач кафедри молекулярної і медичної біофізики



(підпис)

Володимир БЕРЕЕСТ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми: Біофізика  
(назва освітньої програми)

Гарант освітньо-професійної програми Біофізика



(підпис)

Володимир БЕРЕЕСТ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем  
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від 28 червня 2023 року, протокол № 6.

Голова науково-методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем



(підпис)

Олександр БУТРИМ

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Ймовірнісні методи в біології та медицині” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

магістрів

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку) 105 Прикладна фізики та наноматеріали

спеціалізації \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни – освоєння методів вирішення біологічних та медичних задач, заснованих на теорії ймовірностей.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є сформулювати у здобувачів вищої освіти наступні загальні та фахові компетентності.

#### **Загальні:**

K01. Здатність до абстрактного та системного мислення, аналізу та синтезу.

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

K09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків.

K12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

K13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

K17. Здатність до неординарного творчого мислення, креативність, здатність до системного мислення, здатність до науково-дослідної діяльності.

K18. Здатність застосовувати теоретичні знання у практичних ситуаціях.

K19. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

#### **Фахові компетентності:**

K22. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної теоретичної та прикладної фізики.

K23. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів

K27. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

K30. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики та інших природничих наук.

Основні завдання вивчення дисципліни також містять наступне: надати необхідний обсяг знань з використання теорії множин, комбінаторики, аксіоматичної теорії ймовірностей, байєсіанського підходу до визначення ймовірностей, основних законів розподілу ймовірностей у вирішенні біологічних і медичних задач, а також з байєсіанського підходу до біостатистики; навчити студентів вирішувати задачі з області генетики, епідеміологічних досліджень, медичних досліджень, тощо, а також байєсіанського статистичного аналізу.

1.3. Кількість кредитів – 4.

1.4. Загальна кількість годин – 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	

2-й	-й
Семестр	
3-й	-й
Лекції	
12 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
24 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
84 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
10 год.	

1.6. Заплановані результати навчання: студенти мають знати теоретичний матеріал з курсу – основні методи теорії ймовірностей для вирішення біомедичних задач, методи байесіанського статистичного аналізу;

вміти розв'язувати задачі з області генетики, епідеміологічних і медичних досліджень, використовувати байесіанську статистику для аналізу біологічних і медичних даних.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

ПР01. Здатність демонструвати знання і розуміння наукових засад та принципів інформаційних технологій, необхідних для розв'язування природничих задач та виконання досліджень в галузі прикладної фізики, біофізики, наноматеріалів тощо.

ПР02. Здатність демонструвати розуміння сучасного стану, тенденції розвитку, знання найбільш важливих розробок та новітніх технології в галузі прикладної фізики, наноматеріалів, тощо.

ПР03. Здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації.

ПР05. Вміти вибирати методи і моделювати явища та процеси в динамічних системах, а також аналізувати отримані результати.

ПР08. Вміти застосовувати отримані знання й практичні навички, адаптувати результати наукових досліджень під час створення нового та експлуатації існуючого устаткування та його складових.

ПР09. Вміти застосовувати знання і розуміння для розв'язування задач синтезу та аналізу елементів та систем, характерних обраній спеціалізації.

ПР10. Вміти здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел.

ПР11. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.

ПР15. Вміти застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін, під час розв'язання задач обраної спеціальності та проведення досліджень.

ПР20. Здатність усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.

ПР21. Здатність відповідально ставитись до виконуваної роботи та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

*Розділ 1. Ймовірність і формула Байеса у біології і медицині.*

*Тема 1. Розрахунок ймовірності як відносної частоти.*

Мінливість в біології та медицині та її наукове значення. Частотний (класичний) та байесіанський підходи до визначення ймовірностей. Основні визначення. Ймовірність

випадкової події (класичне визначення ймовірності). Операції над подіями – об'єднання, перетин і доповнення. Діаграми Вьєна-Ейлера. Задачі.

*Тема 2. Розрахунок ймовірностей подій у біомедичних задачах.*

Аксиоматична ймовірність та ймовірнісний простір. Узагальнена теорема складання ймовірностей. Задачі з області генетики.

*Тема 3. Розрахунок умовних ймовірностей подій у біомедичних задачах.*

Взаємозв'язок між подіями – залежні і незалежні події. Теорема множення ймовірностей незалежних подій. Умовна ймовірність події. Узагальнена теорема множення ймовірностей залежних подій. Формула повної ймовірності. Формула Байєса. Чутливість та специфічність.

*Тема 4. Використання формул комбінаторики у розрахунках ймовірностей подій у біомедичних задачах.*

Основні правила комбінаторики. Розташування. Перестановки. Поєднання. Підрахунок подій з використанням формул комбінаторики. Розрахунок ймовірностей з використанням формул комбінаторики в задачах біології та медицини.

*Розділ 2. Байєсіанський підхід до біостатистики.*

*Тема 5. Компаундінг та формула повної ймовірності.*

Формула повної ймовірності та компаундінг. Використання біноміального розподілу, від'ємного біноміального розподілу та розподілу Пуассона у байєсіанській біостатистиці. Однорідний розподіл та компаундінг з однорідним розподілом. Експоненційний розподіл у байєсіанській біостатистиці. Задачі.

*Тема 6. Компаундінг та байєсіанська процедура.*

Вступ до простої байєсіанської процедури. Використання безперервних умовних розподілів. Безперервний умовний та апіорний розподіли. Задачі.

*Тема 7. Використання постеріорних розподілів.*

Функція втрат та байєсіанський ризик. Теорія прийняття рішень у випадку дихотомічних втрат. Функція втрат та перевірка гіпотез. Дискретні функції втрат. Генералізовані дискретні функції втрат. Задачі.

*Тема 8. Використання байєсіанської біостатистики у біології та медицині.*

Аналіз певного дослідження, у якому використовується байєсіанська біостатистика.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Ймовірність і формула Байєса у біології і медицині.</b>												
Тема 1. Розрахунок ймовірності як відносної частоти.	16	2	2			12						
Тема 2. Розрахунок ймовірностей подій у біомедичних	16	2	2			12						



задачах.												
Тема 3. Розрахунок умовних ймовірностей подій у біомедичних задачах.	20	2	6			12						
Тема 4. Використання формул комбінаторики у розрахунках ймовірностей подій у біомедичних задачах.	12	2	2			8						
Разом за розділом 1	64	8	12			44						
<b>Розділ 2. Байєсіанський підхід до біостатистики.</b>												
Тема 5. Компаундінг та формула повної ймовірності.	15	2	3			10						
Тема 6. Компаундінг та байєсіанська процедура.	15	1	4			10						
Тема 7. Використання постеріорних розподілів.	12	1	1			10						
Тема 8. Використання байєсіанської біостатистики в біології та медицині.	12		2			10						
Разом за розділом 2	54	4	10			40						
Залікова робота	2		2									
<b>Усього годин</b>	120	12	24			84						

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Розділ 1. Ймовірність і формула Байєса у біології і медицині.</b>		
1	<i>Тема 1. Розрахунок ймовірності як відносної частоти. Операції над подіями. Задачі з області генетики. Розв'язування задач на використання теореми складання ймовірностей та теореми множення ймовірностей незалежних подій.</i>	2

2	<i>Тема 2. Розрахунок ймовірностей подій у біомедичних задачах. Розв'язування задач на використання формули повної ймовірності та формули Байєса.</i>	2
4	<i>Тема 3. Розрахунок умовних ймовірностей подій у біомедичних задачах. Розв'язування задач.</i>	4
5	<i>Тема 4. Використання формул комбінаторики у розрахунках ймовірностей подій у біомедичних задачах. Розв'язування задач.</i>	2
6	<b>Контрольна робота 1.</b>	2
<b>Розділ 2. Байєсіанський підхід до біостатистики</b>		
7	<i>Тема 5. Компаундінг та формула повної ймовірності. Розв'язування задач.</i>	2
8	<i>Тема 6. Компаундінг та байєсіанська процедура. Розв'язування задач.</i>	3
9	<b>Контрольна робота 2</b>	2
10	<i>Тема 7. Використання постеріорних розподілів. Розв'язування задач.</i>	1
11	<i>Тема 8. Використання байєсіанської біостатистики в біології та медицині. Захист індивідуального завдання.</i>	2
12	<b>Залікова робота</b>	2
	Разом	24

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
<b>Розділ 1. Ймовірність і формула Баєса у біології і медицині.</b>		
1	<i>Тема 1. Розрахунок ймовірності як відносної частоти. Теоретичні питання. Розбір розв'язків задач.</i>	12
2	<i>Тема 2. Розрахунок ймовірностей подій у біомедичних задачах. Теоретичні питання. Розбір розв'язків задач.</i>	12
3	<i>Тема 3. Розрахунок умовних ймовірностей подій у біомедичних задачах. Теоретичні питання. Розбір розв'язків задач.</i>	12
4	<i>Тема 4. Використання формул комбінаторики у розрахунках ймовірностей подій у біомедичних задачах. Теоретичні питання. Розбір розв'язків задач.</i>	8
<b>Розділ 2. Баєсіанський підхід до біостатистики</b>		
5	<i>Тема 5. Компаундінг та формула повної ймовірності. Теоретичні питання. Розбір розв'язків задач.</i>	10
6	<i>Тема 6. Компаундінг та баєсіанська процедура. Теоретичні питання. Розбір розв'язків задач.</i>	10
7	<i>Тема 7. Використання постеріорних розподілів. Теоретичні питання. Розбір розв'язків задач.</i>	10
8	<i>Тема 8. Використання баєсіанської біостатистики у біології та медицині. Виконання індивідуального завдання.</i>	10
	<b>Разом</b>	84

## 6. Індивідуальні завдання

Аналіз певного дослідження, у якому використовується байєсіанська біостатистика.

## 7. Методи контролю

Контрольні роботи, індивідуальне завдання, залікова робота. Розв'язання задач на практичних заняттях біля дошки.

## 8. Схема нарахування балів

Залік виставляється за кількістю балів, отриманих протягом семестру, та за написання залікової роботи. Для отримання допуску до написання залікової роботи необхідно отримати упродовж семестру не менш ніж 10 балів.

Бали нараховуються за роботу на лекційних та практичних заняттях (1 бал за 2 години аудиторних занять, загалом 18 балів).

Індивідуальне завдання (максимальна оцінка складає 10 балів) представляється у вигляді доповіді (оцінюється у 5 балів за вільне володіння матеріалом і відповідність встановленому часу доповіді; часткове володіння матеріалом та перебільшення відведеного часу доповіді знижує оцінку до меншої кількості балів) з презентацією (оцінюється у 3 бали) на трьох-п'яти слайдах, на яких наводиться інформація про назву та авторів роботи, про вихідні данні публікації (за що нараховується 1 бал); перераховуються та пояснюються використані у роботі методи байєсіанської біостатистики, наводяться висновки роботи (за що нараховується 2 бали); відповіді на додаткові два питання оцінюються в 2 бали.

Контрольні роботи 1 і 2 оцінюються кожна максимально у 16 балів. Контрольна робота 1 містить два завдання, які оцінюються в 6 балів кожне у випадку правильних та повних розв'язків задач; ще в 4 бали оцінюється відповідь не узагальнююче питання. Контрольна робота 2 містить два завдання, які оцінюються в 8 балів кожне у випадку правильних та повних розв'язків задач. Часткові розв'язки знижують оцінку до меншої кількості балів пропорційно тому, яку частину від повного розв'язку містить робота студента.

Залікове завдання містить два теоретичних питання, тести та задачу, які оцінюються кожен в 10 балів (максимальна кількість балів за залікову роботу 40). Часткові відповіді на питання та частковий розв'язок задачі знижують оцінку до меншої кількості балів пропорційно тому, яку частину від повного розв'язку (відповіді) містить робота студента.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Залікова робота	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Контрольна робота, передбачена навчальним планом		Індивідуальне завдання, передбачене навчальним планом		
T1-T4	T5-T8	1	2			
10	8	16	16	10	60	40
						100

T1, T2 ... – теми розділів.

Поточний контроль: 18 балів передбачено за роботу на відповідних лекційних та практичних заняттях.



### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Moyé L.A. Elementary Bayesian Biostatistics. University of Texas Houston, U.S.A. 2007. 380 p. - ISBN-13: 978-1-58488-725-6 (eBook - PDF)
2. Lem Moye. Probability. Electronic book. 661 p.
3. Gelman A. [et al] Bayesian data analysis – 2<sup>nd</sup> ed. A CRC Press Company, 2004. 695 p. Sivia D.S. Data analysis. A Bayesian tutorial. Oxford science Publication, 2006. 259 p.
4. Bolstad W. M. Introduction to Bayesian statistics. - 2nd ed. Wiley-Interscience, 2007. 463 p.

### Допоміжна література

1. Сеньо П.С. Теорія ймовірностей та математична статистика: Підручник. – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 448 с.
2. Барковський В.В., Барковська Н.В., Лопатін О.К. Б 25 Теорія ймовірностей та математична статистика. 5-те видання. — Київ: Центр учбової літератури, 2010. 424 с.
3. Бондаренко Я. С., Кравченко С. В., Сологуб К. М. Посібник до вивчення дисципліни “Байєсівський аналіз даних”. Д: Ліра, 2018. 40 с.

## 10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Goodman S. Introduction to Bayesian methods I: Measuring the strength of evidence. Clinical Trials. 2005;2(4):282-90; DOI:[10.1191/1740774505cn0980a](https://doi.org/10.1191/1740774505cn0980a)  
[https://www.researchgate.net/publication/7487656\\_Introduction\\_to\\_Bayesian\\_methods\\_I\\_Measuring\\_the\\_strength\\_of\\_evidence](https://www.researchgate.net/publication/7487656_Introduction_to_Bayesian_methods_I_Measuring_the_strength_of_evidence)
2. Barbini, E. , Manzi, P. , Barbini, P. . Bayesian Approach in Medicine and Health Management. In: Rodriguez-Morales, A. J. , editor. Current Topics in Public Health [Internet]. London: IntechOpen; 2013 [cited 2022 Aug 31]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/39578> doi: 10.5772/52402
3. Are you Bayesian or Frequentist? <https://youtu.be/GEFxFVESQXc>
4. Walter T. Herbranson and Julia Schroeder. Are Birds Smarter Than Mathematicians? Pigeons (*Columba livia*) Perform Optimally on a Version of the Monty Hall Dilemma [J Comp Psychol. 2010 Feb; 124\(1\): 1–13. doi: 10.1037/a0017703](https://doi.org/10.1037/a0017703)

*Курси для дистанційного навчання*

**1. INTRODUCTION TO PROBABILITY - THE SCIENCE OF UNCERTAINTY**

<https://www.edx.org/course/introduction-probability-science-mitx-6-041x-1>

<https://www.edx.org/course/introduction-probability-science-mitx-6-041x-2#>!

**2. Probability: Distribution Models & Continuous Random Variables**

<https://www.edx.org/course/probability-distribution-models-purdue-416-2x-1#>!

**3. BIOSTATISTICS FOR BIG DATA APPLICATIONS**

<https://www.edx.org/course/biostatistics-big-data-applications-utmbx-stat101x#>!

**4. INTRODUCTION TO APPLIED BIOSTATISTICS: STATISTICS FOR MEDICAL RESEARCH**

<https://www.edx.org/course/introduction-applied-biostatistics-osakaux-med101x-0#>!

**5. BAYESIAN STATISTICS: FROM CONCEPT TO DATA ANALYSIS**

<https://www.coursera.org/learn/bayesian-statistics>

**6. Bayesian Statistics (Bayes Theorem, Bayesian networks, Bayesian sampling methods, Bayesian inference, machine learning and much more).**

<https://www.udemy.com/course/bayesian-statistics/>