

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра електрофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

\_\_\_\_\_ Олексій НЕЧИПОРУК

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Комп'ютерна фізика

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітній рівень	другий (магістр)
освітня програма	Прикладна фізика та наноматеріали
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач:

Сергій Петрович Радченко, доцент, кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри медичної радіофізики

Сергій Миколайович Савенков, професор, доктор фізико-математичних наук, завідувач кафедри електрофізики

Оберемок Євген Анатолійович, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

Кравченко Олександр Юрійович, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент фізичної електроніки

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Розробники:**

Сергій Петрович Радченко, доцент, кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри медичної радіофізики

Сергій Миколайович Савенков, професор, доктор фізико-математичних наук, завідувач кафедри електрофізики

Оберемок Євген Анатолійович, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

Кравченко Олександр Юрійович, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент фізичної електроніки

«Затверджую»

Завідувач кафедри електрофізики

\_\_\_\_\_ Сергій САВЕНКОВ

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 2022 року

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ Сергій РАДЧЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

# ВСТУП

## 1. Мета навчальної дисципліни

Комп'ютерна фізика є обов'язковою дисципліною для студентів освітньої програми «Прикладна фізика та наноматеріали», що читається в 3 семестрі для студентів 2-го року магістратури в обсязі 4 кредитів (120 години), в тому числі 40 годин аудиторних занять, яких 20 годин лекцій, 20 години лабораторних занять, і 80 годин самостійної роботи. Форма заключного контролю – залік.

Метою дисципліни Комп'ютерна фізика є ознайомлення студентів з основами комп'ютерного моделювання фізичних процесів та набуття практичних навичок застосування цих методик при дослідженні фізичних явищ, процесів та систем.

## 2. Попередні вимоги для вивчення навчальної дисципліни:

До успішного вивчення дисципліни «Комп'ютерна фізика» необхідно успішне опанування наступних курсів: «Фізичні принципи сенсорики», «Фізика конденсованого середовища», «Додаткові розділи фізики», «Прикладна фізика та електроніка», «Оптоелектроніка та волоконна оптика», «Нанофізика та нанотехнології», «Професійна та корпоративна етика».

## 3. Анотація навчальної дисципліни:

Моделювання детермінованих та випадкових процесів і полів, стохастичних структур, розв'язання зворотних, у тому числі некоректних, задач, вибір чисельних методів та обчислювальних систем для розв'язання різних фізичних задач. При виборі прикладів застосування акцент робиться на моделюванні фізичних процесів у неоднорідних середовищах. Загальні принципи і підходи до побудови моделей. Дослідження адекватності і стійкості моделей.

## 4. Завдання (навчальні цілі):

- Надати студентам розуміння місця комп'ютерної фізики у сучасному арсеналі методів наукових досліджень поряд із теоретичною та експериментальною фізикою, умов ефективного застосування методик моделювання, перевірки та порівняння отриманих результатів. Успішне засвоєння курсу «Комп'ютерна фізика» забезпечує набуття студентами

загальних компетентностей:

ЗК2 здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК3 знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

ЗК4 здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;

ЗК5 здатність спілкуватися іноземною мовою;

ЗК6 навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

ЗК7 здатність проведення досліджень на відповідному рівні;

ЗК8 здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

ЗК12 навички міжособистісної взаємодії.

фахових компетентностей:

ФК2 здатність брати участь у плануванні методики проведення та матеріального забезпечення експериментів та лабораторних досліджень;

ФК3 здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів;

ФК4 здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження;

ФК5 здатність брати участь у розробці схем фізичних експериментів та обранні необхідного обладнання та пристроїв для проведення експерименту.

ФК8 Здатність брати участь у формуванні запитів щодо матеріально-технічного забезпечення досліджень.

ФК9 Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК13 Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів та у впровадженні результатів проведених досліджень та розробок.

**5. Результати навчання.** У результаті вивчення дисципліни «Комп'ютерна фізика» студент отримає підготовку, достатню для подальшого навчання за освітньою програмою, самостійного вивчення необхідної наукової літератури, вирішення типових задач, що потребують використання методів моделювання.

Результат навчання		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	<b>знати:</b>			40
1.1	Місце і роль комп'ютерної фізики у сучасному арсеналі методів наукових досліджень, взаємозв'язок із теоретичною та експериментальною фізикою	лекції, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи	4
1.2	Методи моделювання стохастичних процесів	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, задача лабораторних робіт	8
1.3	Застосування послідовності випадкових величин для моделювання фізичних явищ і процесів	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, задача лабораторних робіт	8
1.4	Фізичну сутність принципу аналогій в моделюванні	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, задача лабораторних робіт	6
1.5	Фізичну сутність принципу ієрархії в моделюванні	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, задача лабораторних робіт	6
1.6	Методи оцінювання стійкості запропонованої моделі	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, задача лабораторних робіт	8
2	<b>вміти:</b>			40
2.1	Опанувувати та знаходити матеріали за вказаною тематикою	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи,	5

Результат навчання		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
			здача лабораторних робіт	
2.2	Обрати метод моделювання	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, здача лабораторних робіт	5
2.3	Оцінити точність результатів моделювання	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, здача лабораторних робіт	5
2.4	Визначити необхідні значення параметрів моделювання	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, здача лабораторних робіт	5
2.5	Зробити попередні змістовні оцінки існування розв'язку задачі не розв'язуючи її.	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, здача лабораторних робіт	6
2.6	Оцінити перспективи і умови отримання єдиного розв'язку рівняння (системи)	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, здача лабораторних робіт	6
2.7	Оцінити стійкість запропонованої моделі щодо збурень вхідних параметрів	лекції, лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, здача лабораторних робіт	8
3	<b>комунікація</b>			10
3.1	Розподіляти акценти при пошуку матеріалів для виконання завдання самостійна робота та підготовки до лабораторних робіт	лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання результатів самостійної роботи, здача лабораторних робіт	10
4	<b>автономність та відповідальність</b>			10
4.1	Оптимально планувати роботу при самостійному вивченні матеріалу, підготовці до лабораторних робіт	лабораторні роботи, самостійна робота	оцінювання доповіді та обговорення	10

### 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання	Код															
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1	4.1	
Програмні результати навчання (назва)																
ПРН 2. Розуміння технологій та теоретичних та експериментальних методів дослідження властивостей речовин і матеріалів.	+	+	+						+							

Результати навчання Програмні результати навчання (назва)	Код															
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.1	4.1	
ПРН 9. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.		+						+	+		+	+	+		+	
ПРН 10. Оцінювати важливість матеріалів для досягнення цілей наукового дослідження в галузі прикладної фізики.	+	+	+				+	+	+					+	+	
ПРН 11. Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів, речовини, технологій.			+	+	+	+		+	+							
ПРН 12. Інтерпретувати науково-технічну інформацію.		+	+				+	+	+		+	+		+	+	
ПРН 13. Представляти і захищати отримані наукові і практичні результати в усній та письмовій формі.	+		+					+								
ПРН 14. Використовувати сучасні методи і технології наукової комунікації українською та іноземними мовами.		+	+					+							+	
ПРН 15. Розробляти та формулювати свої професійні висновки та розумно їх аргументувати для фахової та нефахової аудиторії.	+	+	+							+						
ПРН 16. Організувати результативну роботу індивідуально і як член команди.		+	+							+				+	+	
ПРН 17. Об'єктивна самооцінка отриманих результатів та спроможність забезпечувати їх надійність.			+							+	+	+	+	+		
ПРН 18. Розв'язувати складні наукові, дослідницькі та інженерно-технічні задачі в області прикладної фізики та фізики наноматеріалів, які вимагають поглиблених знань у галузі фізики, математики, комп'ютерних технологій.			+	+	+	+		+		+	+	+	+			

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання:

- **Семестрове оцінювання.** Передбачено оцінювання результатів: розв'язання домашніх завдань (в межах самостійної роботи), відповідей на додаткові завдання лекційної частини (в межах самостійної роботи), підготовки до лабораторних робіт та результатів виконання та їх оформлення, модульних контрольних робіт. Умови допуску до заліку: студент повинен набрати під час семестру не менше ніж 30 балів та виконати всі заплановані лабораторні роботи.
- **Письмові контрольні роботи.** У курсі дві письмові модульні контрольні роботи, які проводяться після завершення відповідного блока лекцій.
- **Контроль самостійної роботи студентів.** виконується в рамках модульних контрольних робіт включенням у питання роботи тематики СРС, домашніх завдань, відповідей на додаткові завдання лекційної

- **Лабораторні роботи.** Підготовка до лабораторних робіт здійснюється під час виконання самостійної роботи. Студенти, які не володіють необхідними знаннями для виконання лабораторної роботи, не допускаються до її виконання і, відповідно, не можуть отримати за лабораторну роботу. Результати, отримані під час виконання лабораторної роботи, їх обробка, висновки та оформлення перевіряються під час її здачі перед виконанням наступної планової лабораторної роботи.
- **Підсумкове оцінювання.** Проводиться у форма письмового заліка. Максимальна оцінка при правильному виконанні всіх завдань – 30 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, при цьому оцінка за результатами навчання 2 [вміння] і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50%, оцінка за залік не може бути меншою 10 балів. У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” (<http://nmc.univ.kiev.ua/docs/POLOJENNIA-2010-1.doc>).

## 7.2. Організація оцінювання

Графік оцінювання.

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульна контрольна робота 1	Березень
Модульна контрольна робота 1	квітень
Залік	травень

Розрахунок балів.

Контроль			
поточний			підсумковий
Модульна контрольна робота		Лабораторні роботи	Залік
№1	№2		
15 балів (максимум)	15 балів (максимум)	40 балів (максимум)	30 балів (максимум)

### 1.3. Шкала відповідності оцінок Залік

**Підсумковий контроль:** Письмові відповіді при складанні заліку із обов'язковою співбесідою – 30 балів. Залікова робота містить 4 питання – 2 теоретичних завдання по 6 балів кожне, два оціночних завдання по 9 балів кожне.

**Критерії оцінювання:**

- Повна відповідь – 6/9 бали;
- Часткова відповідь – 4/7 бали;
- Відповідь з помилками – 2/4 бали;
- Відповідь з суттєвими помилками – 1/2 бали;
- Відповідь не зараховано – 0 балів

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
<b>Зараховано</b> / Passed	60-100%
<b>Не зараховано</b> / Fail	0-59%

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№	Назва	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні	Сам. робота
Змістовий модуль №1				
1.	Вступ. Поняття комп'ютерної фізики як сучасного методу наукових досліджень, співвідношення з теоретичною та експериментальною фізикою, узагальнені поняття ефективного застосування методик моделювання, перевірки та порівняння отриманих результатів.	2	–	2
2.	Моделювання випадкових процесів. Математичні моделі випадкових процесів, моделювання випадкових процесів із заданими багатовимірною функцією густини ймовірності та кореляційними властивостями. Вибір періоду параметрів моделювання, точність результатів.	6	–	10
3.	Генерація послідовності випадкових величин, перевірка та оцінка якості послідовності випадкових величин. Застосування послідовності випадкових величин для моделювання фізичних процесів. Основа моделювання методом Монте-Карло.	2	–	8
Змістовий модуль №2				
4.	Моделі, що ґрунтуються на фундаментальних законах фізики.	2	-	4
5.	Універсальність математичних моделей. Принцип аналогій	2	-	4
6.	Моделі із варіаційних принципів. Ієрархія моделей	2	-	4
7.	Дослідження математичних моделей	4	-	8
Змістовий модуль № 3 (лабораторні роботи)				
8.	Метод Монте-Карло для фізичних задач з «ансамблями»	-	6	12
9.	Сегментація результатів комп'ютерного експерименту	-	4	8
10.	Оптимізація програм у системах комп'ютерної алгебри	-	4	8
11.	Систем комп'ютерної алгебри у комп'ютерній фізиці	-	6	12
<b>ВСЬОГО</b>		<b>20</b>	<b>20</b>	<b>80</b>

### Самостійна робота студентів (СРС).

1. Стохастичні, статистичні, детерміновані математичні моделі.
2. Методи моделювання стаціонарних випадкових процесів.
3. Моделювання випадкових величин, що мають нормальний розподіл.
4. Моделювання методом Монте-Карло.



## 1. Рекомендована література:

### Основні джерела:

1. А. О. Пашко. Моделювання Гауссових стаціонарних випадкових процесів з неперервним спектром / Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки. 2019 Вип. 11, с. 184 – 195.
2. Sven Erick Alm. Simple random walk [http://www2.math.uu.se/~sea/kurser/stokprocmn1/slumpvandring\\_eng.pdf](http://www2.math.uu.se/~sea/kurser/stokprocmn1/slumpvandring_eng.pdf).
3. Michael Kozdron. Simulations of Random Processes <https://uregina.ca/~kozdron/Simulations/index.html>.
4. А. О. Пашко/за ред. М.Н. Зайка, Ю.В.Биця. – Київ: Вища школа , 1995. – С. 51 – 60.
5. R. H. Enns. Computer Algebra Recipes for Mathematical Physics. Birkhäuser, Boston, 2005, 401 p.
6. М. В. Кононов, А. В. Мисник, С. П. Радченко, О. О. Судаков Моделювання фізичних процесів Київський університет, Київ, 2006, 90с (Укр.)
7. М. О. Steinhäuser Computer simulation in physics and engineering. Walter de Gruyter GmbH, Berlin, 2013, 532 p.
8. Вижва З. О. Математичні моделі в природознавстві / З. О. Вижва. –К. : ВГЛ "Обрій", 2007. – 164 с.
9. Моделювання Гауссових стаціонарних випадкових процесів з неперервним спектром: підручник / [О. В. Багацька, О. Ю. Бутрим, М. М. Колчигін та ін.] – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. – 414 с.
10. В. А. Stickler, E. Schachinger Basic Concepts in Computational Physics. Springer, New York, 2014, 377 p.
- 11.

### Додаткові джерела:

- 12.Грід-інфраструктура для наукових та освітніх установ України <http://grid.org.ua>
- 13.Козаченко Ю. В., Пашко А. О. Моделювання випадкових процесів. К.: Київський університет, 1999. 223 с.
- 14.Козаченко Ю. В., Пашко А. О. Точність моделювання випадкових процесів в нормах просторів Орлича І. Теор. ймовірн. та матем. стат., 1988. № 58, с. 45-60.
- 15.М. Shinozuka, С.-М. Jan, Digital simulation of random processes and its applications, Journal of Sound and Vibration, Volume 25, Issue 1, 1972, p. 111-128, 10.1016/0022-460X(72)90600-1
- 16.Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч.-метод. посіб./ В. В. Вітлінський, Г. І. Великоіваненко. – К.: КНЕУ, 2005. – 306 с.
17. Monte Carlo Simulations <https://sourceforge.net/projects/mcsimulations/reviews/>