



## Статистична радіофізика та оптика

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	ECTS 3.5, 105 годин, лекції 36, практичні 18, СРС 51.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР, ДКР</i>
Розклад занять	<i>Лекції - 2 години/тиждень, Практичні - Раз на 2 тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.ф.-м.н., доцент, <i>Монастирський Генадій Євгеньович</i> , <a href="mailto:monastyrskygennady@gmail.com">monastyrskygennady@gmail.com</a> Практичні: к.ф.-м.н., доцент, <i>Монастирський Генадій Євгеньович</i> , <a href="mailto:monastyrskygennady@gmail.com">monastyrskygennady@gmail.com</a>
Розміщення курсу	<a href="https://drive.google.com/drive/u/0/folders/16JNR5nSioSK7P_cC8qgafhSm6T9veKTW">https://drive.google.com/drive/u/0/folders/16JNR5nSioSK7P_cC8qgafhSm6T9veKTW</a>

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Курс ставить на меті розгляд з єдиних позицій коливальних та хвильових процесів в різноманітних фізичних та технічних системах зумовлених дією стохастичних чинників. Вивчення курсу є необхідним етапом освіти фізика, що займається прикладними проблемами і закладає базу для подальшої спеціалізації. Воно базується на апелюванні до експерименту та математичних навичках, набутих з курсів коливань та хвиль, математичного аналізу, лінійної алгебри, диференційних рівнянь, теорії функції комплексної змінної, деяких розділів математичної фізики, теорії ймовірності, математичної статистики та теорії випадкових процесів.

Студенти на лекціях беруть участь в бліц-опитуваннях, розв'язують задачі на практичних заняттях та модульної контрольної роботи (МКР), виконують завдання в процесі виконання домашньої контрольної роботи (ДКР). Завдання побудовані таким чином, щоб закріпити теоретичний матеріал, відпрацювати навички розв'язування практичних задач.

Під час навчання використовуються:

- Різноманітні технічні засоби подання інформації (мультимедійні комплекси, інтерактивні дошки тощо);
- Google-диск з комплектом методичного забезпечення в електронному вигляді;
- Засоби дистанційного навчання (електронна пошта, hangout, zoom тощо);
- Заохочується виконання практичних задач за допомогою програмних пакетів та застосунків (Python, Matlab&Simulink, Octave, Wolfram Mathematica тощо);

Навчання здійснюється на основі студент центрального підходу та стратегії взаємодії викладача та студента з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Для засвоєння матеріалу курсу студенти повинні засвоїти термінологію та поняття всіх розділів загальної фізики, знати основи радіоелектроніки та математичної фізики, вміти диференціювати, інтегрувати, розв'язувати диференціальні рівняння, використовувати апарат лінійної алгебри, операції з матрицями, функції комплексної змінної, Фур'є-аналізу, теорії імовірності та випадкових процесів, мати поняття про узагальнені функції.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни Статистична радіофізика та оптика мають продемонструвати такі результати навчання:

1. Знати як і вміти описувати статистичні ансамблі, випадкові величини та функції із допомогою густин розподілів моментів, центральних моментів, кумулянтів, характеристичних функцій.
2. Знати як і вміти обраховувати теоретичні значення моментів, центральних моментів, кумулянтів, характеристичних функцій із використанням розподілів Гауса, Релея, Райса, Лапласа, логнормального, бета, гама, експоненційного, степеневого (Парето) розподілів та розподілів Бернуллі і Пуассона.
3. Знати межі застосування і вміти апроксимувати реальні густини розподілів випадкових величин і процесів із допомогою розвинення в ряди за ортогональними поліномами: а) Ерміта — визначені на інтервалі  $[-\infty, +\infty]$  (ряд Грама-Шарльє), б) Лаггера — визначені на інтервалі  $[0, +\infty]$ , в) Чебишева — визначені на обмеженому інтервалі  $[a, b]$ .
4. Знати межі застосування і вміти апроксимувати реальні густини розподілів випадкових величин і процесів із допомогою обернення кумулянтної функції
5. Вміти обраховувати кореляційні та спектральні характеристики випадкових процесів та знати їх властивості.
6. Знати межі застосування і використовувати теорему Вінера-Хінчіна для знаходження кореляційних та спектральних характеристик випадкових процесів.
7. Вміти класифікувати за різними ознаками випадкові процеси, що виникають в фізичних системах.
8. Знати як і вміти аналізувати лінійні стохастичні диференціальні рівняння, зокрема першого порядку, шляхом усереднення точного рішення.
9. Знаходити передавальну та апаратну функцію для лінійних коливальних систем. Використовувати інтеграл Дюамеля та/або зворотне перетворення Фур'є для знаходження інтенсивності відгуку лінійної коливальної системи на шум.
10. Використовувати окремі стохастичні методи при невідомому точному рішенні диференціального рівняння, зокрема методом стохастичної лінеаризації та апарату рівняння Фоккера-Планка.
11. Знати і вміти використовувати основні моделі випадкових процесів для фізичних задач, зокрема: гаусів процес, вузько-смуговий процес, вінеровський процес, коливання модульовані шумом, імпульсні процеси, фотовідліки у випадковому світловому полі.
12. Знати і вміти використовувати модель випадкових блукань для інтерпретації та моделювання фізичних процесів, зокрема дифузії, браунівського руху, дробового шуму, випадкових фазорів, проходження світла через випадковий екран тощо.
13. Мати уявлення про фільтруючу дію лінійних систем на шум та дію гаусового шуму на лінійні системи.
14. Мати уявлення про теплові та дробові шуми. Знати і використовувати формули Найквіста та Шотки.

15. Мати уявлення про спільну дію сигналу і шуму на лінійну систему та основні принципи виділення і виявлення сигналу на фоні шуму. Знати рівняння Вінера-Хопфа.
16. Знати визначення і методи виміру когерентності.
17. Вміти використовувати метод ПЗА в теорії розповсюдження випадкових хвиль. Знати основні ефекти поширення шумових хвиль в диспергуючому середовищі.
18. Знати теорему Ван Циттера-Церніке і мати уявлення про кутовий спектр та дифракцію випадкових хвиль.
19. Мати уявлення про основні ефекти, що супроводжують нелінійні перетворення шуму, зокрема помноження частоти, статистичний вигравш, перетворення кореляційних функцій і спектрів на виході помножувача частоти.
20. Знати про принципи амплітудного детектування та основні принципи вимірювання слабких сигналів та шумів.
21. Мати уявлення про основні ефекти, що супроводжують нелінійні перетворення оптичного шуму та принципи гетеродинування світла, спектроскопії надвисокого розділення та інтерферометрія інтенсивності.
22. Знати основні ефекти, що виникають при генерації другої оптичної гармоніки випромінювання з неповною часовою та просторовою когерентністю.
23. Мати уявлення про явища самофокусування та самомодуляцію випромінювання в нелінійних середовищах.

#### Набуті знання та практичні навички сформують у студентів:

##### Спеціальні (фахові, предметні) компетентності СВО:

ФК 5. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК 6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем

ФК 7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

ФК 11. Здатність використовувати знання основ професійно-орієнтованих дисциплін для виконання наукових досліджень, розв'язання практичних проблем прикладної фізики та для самостійного опанування нових технологій, в тому числі із суміжних галузей, застосовувати отримані знання і практичні навички для прийняття інноваційних рішень при розв'язанні складних практичних задач або в навчанні, зокрема, високих фізичних технологій та/або фізики живих систем та/або фізики енергетичних систем.

##### Програмні результати навчання

ПРН 1: Знання сучасної фізики на рівні, достатньому для розв'язання практичних проблем прикладної фізики.

ПРН 17: Знання основ професійно-орієнтованих дисциплін спеціальності, зокрема хімії, ядерної фізики, статистичної радіофізики та оптики, електродинаміки суцільних середовищ для розв'язання практичних проблем прикладної фізики, в т.ч. високих фізичних технологій та/або фізики живих систем та/або фізики енергетичних систем.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються студентам на першому занятті.

№ з/	Тема	Програмні результати	Основні завдання	
			Контрольний захід	Термін

п		навчання		виконання
1.	Методи теорії випадкових процесів в фізиці коливачів та хвиль.	№ 2,4,5	Експрес тестування на лекціях, ДКР№1	1-4 тиждень
2.	Стохастичні диференційні рівняння	№ 2,4,5	Експрес тестування на лекціях, ДКР№2	3,4 тиждень
3.	Використання стохастичних методів при невідомому точному рішенні	№ 2,5	Експрес тестування на лекціях, ДКР№3	5,6 тиждень
4.	Моделі випадкових полів та процесів.	№ 1,2,5	Експрес тестування на лекціях, МКР	7,8 тиждень
5.	Відгук лінійної коливальної системи на шум	№ 1,2,5,9	Експрес тестування на лекціях, ДКР№4	9 тиждень
6	Власні шуми лінійних систем. Спільна дія шуму і сигналу.	№ 1,2,5,9	Експрес тестування на лекціях, ДКР№5	10,11 тиждень
7	Випадкові хвилі в лінійних системах.	№ 1,2,4,5,9	Експрес тестування на лекціях, ДКР№6	12,13 тиждень
8	Нелінійні перетворення шуму.	№ 1,2,4,5,9	Експрес тестування на лекціях, ДКР№7	14,15 тиждень
9	Нелінійні перетворення оптичного шуму.	№ 1,2,4,5,9	Експрес тестування на лекціях, ДКР№8	16 тиждень
10	Випадкові хвилі в нелінійній оптиці.	№ 1,2,5,9	Експрес тестування на лекціях	17 тиждень
11	Флуктуації амплітуди та фази в томсонівському генераторі.	№ 1,2,5,9	Експрес тестування на лекціях	18 тиждень

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основна:

1. Монастирський Г.Є. Статистична радіофізика та оптика. - К.: Електронний конспект, 2019.
2. Монастирський Г.Є. Вправи і рекомендації до симуляції випадкових процесів із заданими параметрами. - К.: Методичні вказівки, 2020.

##### Додаткова:

3. Мінаков А. О. Статистична радіофізика : підручник для студ. вищ. навч. закл. / А.О. Мінаков, О.Ф. Тирнов. Харків : Веста, 2007. Ч. 1 : Основні поняття теорії ймовірностей. Елементи теорії випадкових функцій. -- 2007. -- 192 с.
4. Статистична радіофізика : підручник для студ. вищ. навч. закл. / А.О. Мінаков, О.Ф. Тирнов. Харків : Веста, 2007. Ч. 2 : Флуктуаційні явища в радіотехніці та основи статистичної теорії поширення хвиль. -- 2007. -- 176 с.
5. Статистична радіофізика. Приклади та задачі : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.Ф. Тирнов, В.П. Тишковець ; Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна. Харків : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015. 126 С.

6. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С., Введение в статистическую радиофизику и оптику, М.: Наука, 1981.
7. Рытов С.М., Введение в статистическую радиофизику. Часть I. Случайные процессы, М.: Наука, 1976.
8. Ван Кампен Н.Г. Стохастические процессы в физике и химии М.: Высшая школа, 1990. — 376 с.
9. John J. Shynk, Probability, random variables, and random processes, 2013 by John Wiley & Sons
10. Venkatarama Krishnan, Probability and random processes.
11. Christian Lalanne, Random Vibration: in Mechanical Vibration and Shock Analysis, second edition – volume 3.
12. William A. Gardner Introduction to Random Processes, With Applications to Signals & Systems.
13. Scott L. Miller, Donald Childers, Probability and random processes: With Applications to Signal Processing and Communications.
14. Newland D. E. An Introduction to Random Vibrations, Spectral & Wavelet Analysis: Third Edition (Dover Civil and Mechanical Engineering).
15. Karadeniz Halil, Stochastic Analysis of Offshore Steel Structures, Chapter 2 Introduction to Random Vibration and Stochastic Analysis.
16. Robert M. Gray and Lee D. Davisson, An Introduction to Statistical Signal Processing, 2004 by Cambridge University Press.
17. G.J. Dolecek, Random Signals and Processes Primer with MATLAB.
18. Букингем М. Шумы в электронных приборах и системах 1986.
19. Ван дер Зил А. Шум (источники, описание, измерение) 1973.
20. Wim C. van Etten, Introduction to Random Signals and Noise.
21. Стратонович Р.Л. Избранные вопросы теории флуктуаций в радиотехнике 1961.
22. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И., Введение в статистическую радиофизику. Часть II. Случайные поля, М.: Наука, 1978.
23. Bahaa E. A. Saleh and Malvin Carl Teich Fundamentals of Photonics Chapter 10 Statistical Optics
24. Frieden B.R. Probability, Statistical Optics, and Data Testing. A Problem Solving Approach.
25. Гудмен Дж. Статистическая оптика, М.: "Мир", 1988.
26. Ф.Т.С. Юу Введение в теорию дифракции, обработку информации и голографию. М: Советское радио, 1979
27. Гудмен Дж. Введение в фурье-оптику.
28. Шустер Г. Детерминированный хаос, М.: Мир, 1988.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

*Надається інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) та надаються рекомендації щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).*

### 6. Самостійна робота студента/аспіранта

1. Опрацювання лекційних та практичних занять.

- Залучення при виконанні завдань ДКР програмних засобів, застосунків та програмних пакетів (Python, Matlab&Simulink, Octave, Wolfram Mathematica тощо) для візуалізації результатів обрахунків, оптимізації обрахунків, використання оригінальних методик (додаються заохочувальні бали).
- Активна самостійна робота над теоретичним матеріалом: пошук та використання інформаційних ресурсів, ілюстрацій, відео, медіа ресурсів, що доповнюють поточний курс.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни)	5-10 балів в залежності від місця, яке зайняв	Порушення термінів виконання МКР без поважної причини	-5 балів
Виступ на лекції з ініціативною доповіддю на обрану тему за програмою дисципліни з ілюстраціями, відео, медіа контентом, що доповнює курс	1-5 балів	Відвідування менше ніж 7 лекцій без поважних причин	- 3 бали
Правильна відповідь на бліц-опитування на лекції та практичних заняттях	1 бал	Відсутність на практичних заняттях без поважних причин	-1 бал за кожний пропуск

### Відвідування занять

Відвідування лекцій заохочується. Студентам рекомендується не тільки відвідувати лекції з причини викладу на них теоретичного матеріалу та розвинення навичок, необхідних для виконання ДКР та МКР. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Відвідування практичних занять не оцінюється. Пропуски занять штрафуються, оскільки курс в першу чергу орієнтований на практичне застосування теоретичного матеріалу та розвивання у студентів навичок необхідних для виконання практичних завдань. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи

Результат модульних контрольних робіт для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) мусять написати модульну контрольну роботу.

### Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами <sup>1</sup>.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації <sup>2</sup>		8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг <sup>3</sup>	≥ 17 балів	≥ 30 балів
	ДКР	№1,2,3	+
	ДКР	№4,5,6	-
	МКР		+

### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (згідно «Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», «Положення про організацію навчального процесу»).

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

### Система оцінювання

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Активність на лекційних заняттях	7	1	7	7
2.	Активність під час бліц-опитувань	8	1	8	8
3.	Модульна контрольна робота	15	15	1	15
4.	Домашня контрольна робота	25	3.125	8	25
5.	Активність на практичних заняттях	15	5	3	15
6.	Іспит	30	30	1	30
	Всього				100

<sup>1</sup> Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

<sup>2</sup> Там само.

<sup>3</sup> Там само.



Активність на лекційних заняттях дозволяє отримати разом із оцінкою відвідуваністю лекцій додаткові бали до рейтингу. Відвідування не менш, як

14 лекцій – 7 балів;

13 лекцій – 6 балів;

12 лекцій – 5 балів;

11 лекцій – 4 бали;

10 лекцій – 3 бали;

9 лекцій – 2 бали;

8 лекцій – 1 бал;

7 лекцій – 0 балів;

За кожен вірну відповідь під час блиц-опитування отримується 1 бал.

### **Активність на практичних заняттях**

На практичних заняттях за кожен самостійно розв'язану біля дошки задачу дається до 5 балів.

Конструктивна ідея або вірна відповідь з «місця»: – 1 бал.

З огляду на обмежену кількість виходів до дошки студенти зацікавлені у активній участі в роботі на практичних заняттях.

**Домашня контрольна робота** виконується студентами після завершення кожної теми і складається із варіантів персональних задач від 1 до 4. Оціночний час виконання ДКР – дві академічні години. Критерії оцінювання ДКР (максимум 3.125 балів за кожен):

- максимальна кількість балів за кожне питання – повна правильна відповідь, 95% інформації, там де треба наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять, законів, які використовуються під час розв'язку задачі,
- 75% балів – розв'язок правильний, не всі умови попереднього пункту виконано,
- 60% балів – наведено основні базові поняття для розв'язку, розв'язок неправильний.
- списані відповіді, які студент не може пояснити, не зараховуються

Валідність оцінок забезпечується:

- оцінкою ДКР на основі чітких критеріїв

**Модульна контрольна робота** проводиться після завершення першої частини курсу присвяченої математичним методам в теорії випадкових процесів, складається з 2 частин і проводиться протягом 2-х академічних годин:

- теоретичної - тестування знань термінології, формулювань, основних положень та теоретичних підходів. Всі студенти отримують завдання з 40 тестових питань, повна відповідь на кожне з яких вимагає не більше 2 хвилин

- практична - письмовий розв'язок задачі, подібної до тих, що розглядалися на практичних заняттях та під час виконання домашніх контрольних робіт.

Оцінюється за чіткими критеріями з позначенням коректної або некоректної відповіді, а також з коментарями, зауваженнями тощо.

Критерії оцінювання теоретичної модульної контрольної роботи (максимум 80 балів):

- максимальна кількість балів за кожне теоретичне питання – 2: повна правильна відповідь, 95% інформації, якщо треба наведено рисунок, точне формулювання, роз'яснено терміни,
- 1 бал – не всі умови попереднього пункту виконано,
- 0 балів – не надано правильної відповіді, розв'язок неправильний.

Критерії оцінювання 2 частини модульної контрольної роботи (максимум 20 балів):



- максимальна кількість балів за кожне питання – повна правильна відповідь, 95% інформації, там де треба наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять, законів, які використовуються під час розв’язку задачі,
- 75% балів – розв’язок правильний, не всі умови попереднього пункту виконано,
- 60% балів – наведено основні базові поняття для розв’язку, розв’язок неправильний.
- списані відповіді, які студент не може пояснити, не зараховуються

Валідність оцінок забезпечується:

- однозначністю та лаконічністю завдань
- оцінкою другої частини модульної контрольної роботи на основі чітких критеріїв

### Семестрова атестація студентів

Обов’язкова умова допуску до екзамену/заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	$RD \geq 40$
2	Поточний контрольний захід - Модульна контрольна робота	Виконання МКР
3	Поточний контрольний захід - Домашня контрольна робота	Виконання ДКР

### Додаткові умови допуску до екзамену/заліку, які заохочуються:

1. Активність на лекційних та практичних заняттях (додаються заохочувальні бали).
2. Залучення при виконанні завдань ДКР програмних засобів, застосунків та програмних пакетів (Python, Matlab&Simulink, Octave, Wolfram Mathematica тощо) для візуалізації результатів обчислень, оптимізації обчислень, використання оригінальних методик (додаються заохочувальні бали).
3. Активна самостійна робота над теоретичним матеріалом: пошук та використання інформаційних ресурсів, ілюстрацій, відео, медіа ресурсів, що доповнюють поточний курс (додаються заохочувальні бали).
4. Позитивний результат першої атестації та другої атестації.

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою <sup>4</sup>

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою	Можливість отримання оцінки «автоматом»
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно	+
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре	+
$75 \leq RD \leq 84$	Добре	+
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно	+
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо	-
$RD < 60$	Незадовільно	-
Невиконання умов допуску	Не допущено	-

### Іспит/залік

<sup>4</sup> Оцінювання результатів навчання здійснюється за рейтинговою системою оцінювання відповідно до рекомендацій Методичної ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, ухвалених протоколом №7 від 29.03.2018 року.

Питання, що виносяться на іспит складаються із 2-х теоретичних питань і однієї задачі. За кожен пункт дається максимум 10 балів. Критерії оцінювання:

- максимальна кількість балів – 95% інформації, повна правильна відповідь, там де треба наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять, законів, які використовуються під час розв'язку задачі,
- 75% балів – розв'язок правильний, не всі умови попереднього пункту виконано,
- 60% балів – наведено основні базові поняття для розв'язку, розв'язок неправильний.
- списані відповіді, які студент не може пояснити, не зараховуються

Студенти, які отримали за рейтингом позитивну оцінку і набрали протягом семестру не менше ніж 60 балів ( $RD \geq 60$ )), можуть отримати оцінку за іспит «автоматом» згідно рейтингових балів.

Студенти, які отримали менше 40 балів пишуть додаткову МКР і захищають її у вигляді співбесіди.

Остаточна оцінка є сумою рейтингових балів та балів отриманих на іспиті після співбесіди.

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

**Питання до заліку:**

### **1. Методи теорії випадкових процесів в фізиці коливань та хвиль.**

1.1. Детерміноване та стохастичне описання реальних процесів. Імовірність. Розподіл імовірності.

1.2. Випадкові змінні.

1.3. Багатовимірні статистичні процеси. Статистична незалежність.

1.4. Статистичний ансамбль. Усереднення. Моменти. Характеристичні функції. Кумулянти.

1.5. Центральна гранична теорема.

1.6. Випадкові процеси. Класифікація випадкових процесів.

1.7. Елементи стохастичного аналізу випадкових функцій

1.8. Стаціонарність. Статистичне усереднення та усереднення в часі.

1.9. Ергодичність. Умова ергодичності випадкових процесів.

1.10. Кореляційні та спектральні характеристики. Зв'язок між ними. Теорема Вінера-Хінчіна.

1.11. Властивості кореляційних функцій і спектрів стаціонарних випадкових процесів

1.12. Практичні оцінки моментів, кореляційної функції і спектрів випадкових процесів

1.13. Ортогональні розвинення в ряд щільностей розподілу

### **2. Марковські процеси.**

2.1. Імовірності переходу. Марковські ланцюги.

2.2. Рівняння Смолуховського. Марковський процес для дискретних станів.

2.3. Сума випадкових фазорів. Розподіл Релея.

2.4. Рівняння Фокера-Планка.

### **3. Стохастичні диференціальні рівняння.**

3.1. Аналіз випадкових коливань шляхом усереднення точного рішення.

3.2. Лінійна система під дією випадкових сил. Функція Гріна. Інтеграл Дюамеля. Апаратна функція.

3.3. Використання наближених методів при невідомому точному рішенні.

3.4. Методи лінеаризації. Статистична лінеаризація.

3.5. Використання рівняння Фокера-Планка

### **4. Моделі випадкових полів та процесів.**

4.1. Випадкові процеси із незалежними прирощеннями. Недиференційованість процесу із незалежними прирощеннями.

4.2. Вінеровський процес.

4.3. Гаусів процес.

4.4. Вузькосмуговий стаціонарний шум, вузькосмуговий гаусів шум.

4.5. Суперпозиція детермінованого квазігармонічного процесу і вузькосмугового гаусового шуму.

4.6. Негаусів квазігармонійний процес. Універсальність рівномірного розподілу фази.

4.7. Амплітудна модуляція та фазова модуляція.

4.8. Частотна модуляція. Статистика уширення спектральних ліній в оптиці

4.9. Імпульсні процеси. Поодинокий імпульс і випадкова імпульсна послідовність

4.10. Пуассонів процес і його функція розподілу

4.11. Фотовідліки у випадковому світловому полі. Формула Манделя

#### **5. Відгук лінійної коливальної системи на шум.**

5.1. Перетворення кореляційних функцій і спектрів лінійною системою.

5.2. Фільтрація шуму. RC-фільтр.

5.3. Коливальний контур. Встановлення шумових коливань лінійного осцилятора.

5.4. Лінійна система, як усереднююча система.

5.5. Дія шуму на лінійну систему. Нормалізація флуктуацій в вузькополосних системах.

#### **6. Власні шуми лінійних систем. Спільна дія шуму і сигналу.**

6.1. Відношення сигнал/шум. Спільна дія шуму і сигналу. Оптимальний лінійний фільтр. Виявлення сигналів на фоні шуму.

6.2. Виділення сигналу з шуму. Рівняння Вінера-Хопфа.

6.3. Оптимальні фільтри та корелятори.

#### **7. Випадкові хвилі в лінійних системах.**

7.1. Статистичні характеристики випадкових полів. Когерентність. Функція взаємної когерентності. Просторова та часова когерентність.

7.2. Методи виміру часової когерентності. Фур'є-спектроскопія.

7.3. Просторова когерентність і методи її виміру.

7.4. Поперекова кореляційна функція та кутовий спектр статистично неоднорідного та ізотропного світлового жмутка.

7.5. Поширення функції когерентності. Теорема Ван Циттера-Церніке. Дифракція некогерентних хвиль на отворі

#### **8. Нелінійні перетворення шуму.**

8.1. Нелінійне без інерційне перетворення. Помноження частоти. Статистичний виграш.

8.2. Кореляційні функції і спектри на виході помножувача частоти.

8.3. Вимірювання слабких сигналів та шумів. Радіометри.

8.4. Гетеродинування світла. Спектроскопія надвисокого розділення

#### **9. Нелінійні хвильові процеси.**

9.1. Скорочені рівняння для хвиль в сильнодиспергуючому середовищі.

9.2. Взаємодія хвиль в сильнодиспергуючих середовищах. Двочастотна, тричастотна взаємодія.

9.3. Рівняння для нелінійних хвиль та використання методу ПЗА.

9.4. Генерація другої гармоніки випромінюванням із неповною часовою когерентністю

9.5. Самофокусування

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено доцент кафедри прикладної фізики, Монастирський Г.Є.

Ухвалено кафедрою ПФ (протокол № 2 від 04.09.2020р.)

Затверджено Вченою радою ФТІ (протокол № 7/1 від 07.09.2020р.)