



# НЕЛІНІЙНА ДИНАМІКА СКЛАДНИХ СИСТЕМ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>104 Фізика і астрономія</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-професійна програма «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів»</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>Розклад занять викладено на сторінці <a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор фізико-математичних наук, професор Горобець Оксана Юріївна, листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни Викладач практичних занять: доктор фізико-математичних наук, професор Горобець Оксана Юріївна, листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни</i>
Розміщення курсу	<i>На платформі дистанційного навчання Google Клас за посиланням <a href="https://classroom.google.com/c/NDQzOTUxNzk1ODky?cjc=a6ixszt">https://classroom.google.com/c/NDQzOTUxNzk1ODky?cjc=a6ixszt</a>, код класу a6ixszt, постійне посилання на Google Meet <a href="https://meet.google.com/hdm-ezvd-rcb">https://meet.google.com/hdm-ezvd-rcb</a>.</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей.*

##### **Загальні компетентності:**

- ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*
- ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.*
- ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.*
- ЗК4. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.*
- ЗК6. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.*
- ЗК7. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.*

##### **Фахові компетентності спеціальності:**

- ФК1. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.*
- ФК2. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.*

ФК5. Здатність сприймати ново здобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК9. Здатність самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

Основні завдання кредитного модуля:

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати наступні **результати навчання**:

ПРН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.

ПРН02. Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.

ПРН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.

ПРН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи із колегами.

ПРН10. Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела.

ПРН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.

ПРН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.

ПРН15. Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки за результатами дослідження.

ПРН16. Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та/або теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.

ПРН18. Вміти використовувати набуті знання для розв'язання різних задач з фізики та астрономії.

ПРН19. Вміти моделювати фізичні і не тільки процеси та явища, що виникають в навколишньому світі.

ПРН20. Вміти створювати та досліджувати різні фізичні теорії за допомогою моделювання фізичних та астрономічних процесів.

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

Кредитний модуль «Нелінійна динаміка складних систем» відноситься до дисципліни «Нелінійна динаміка складних систем», яка належить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки, і вивчається студентами в 2-му семестрі навчання за напрямом «фізика». Цей кредитний модуль спрямований на формування у студентів базових понять, вмінь та навичок стосовно курсу Нелінійної динаміки складних систем. Вивчення даного кредитного модуля базується на курсах «Механіка», «Молекулярна фізика», «Електрика та магнетизм», «Класична механіка», «Математичний аналіз» та ін. Знання, отримані студентами з курсу електродинаміки, використовуються в курсах «Вступ до фізики твердого тіла», «Основи квантової теорії поля» та ін.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів, тем	Розподіл за семестрами та видами занять			
	Всього	Лекції	Практичні заняття	СРС
<i>Семестр 2</i>				
<i>Розділ 1. Динамічні системи і закони їх еволюції.</i>				
<i>Тема 1.1. Динамічні системи.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 1.2. Приклади динамічних систем.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 1.3. Граничні множини динамічних систем.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 1.4. Стійкість та її лінійний аналіз.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 1.5. Біфуркації, катастрофи.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 1.6. Типи біфуркацій.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 1.7. Регулярні атрактори динамічних систем.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 1.8. Експериментальне спостереження автоколивальних систем.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 1.9. Нерегулярні атрактори динамічних систем.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 1.10. Види нерегулярних атракторів.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Разом за розділом 1</i>	30	10	5	15
<i>Розділ 2. Динамічний хаос.</i>				
<i>Тема 2.1. Детермінований хаос.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 2.2. Сценарії переходу до хаосу.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 2.3. Генератор квазіперіодичних коливань з двома незалежними частотами.</i>	6	2	1	3
<i>Тема 2.4. Синхронізація хаотичних автоколивань.</i>	6	2	1	3
<i>Тема 2.5. Стохастичний резонанс.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 2.6. Стохастична синхронізація.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 2.7. Хаос в лінійних та нелінійних одномірних системах</i>	6	2	1	3
<i>Тема 2.8. Нелінійні двовимірні відображення.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 2.9. Нелінійні комплексні відображення.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 2.10. Фізичні експерименти з хаотичними системами.</i>	6	2	1	3
<i>Тема 2.11. Дослідження хаотичного руху за допомогою перерізу Пуанкаре.</i>	6	2	1	3
<i>Разом за розділом 2</i>	48	16	8	24

<i>Тестування виконання СРС з розділів 1-2.</i>	6			6
<i>Розділ 3. Аналітичні методи дослідження нелінійної динаміки складних систем.</i>				
<i>Тема 3.1. Проблема «швидких» і «повільних» змінних. Метод усереднення.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 3.2. Метод Ван дер Поля.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 3.3. Параметричний резонанс.</i>	6	2	1	3
<i>Разом за розділом 3</i>	12	4	2	6
<i>Розділ 4. Нелінійна динаміка в реакційно-дифузійних системах.</i>				
<i>Тема 4.1. Хвилі та динамічні структури в реакційно-дифузійних системах.</i>	6	2	1	3
<i>Тема 4.2. Стійкість однорідного стану в реакційно-дифузійних системах.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 4.3. Структури Тьюрінга. Хвильова нестійкість.</i>	3	1	0,5	1,5
<i>Тема 4.4. Самоорганізація в електрохімічних системах.</i>	6	2	1	3
<i>Разом за розділом 4</i>	18	6	3	9
<i>Тестування. Підготовка до заліку.</i>	6			6
<i>Разом</i>	120	36	18	66

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

[1–5] [6-14]

1. Пічкур, В.В., Капустян, О.В., Собчук, В.В.: Теорія динамічних систем: навчальний посібник. Вежа-Друк, Луцьк (2020)
2. Ніколюк, П.К.: Моделювання систем: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 122 Комп'ютерні науки. ДонНУ імені Василя Стуса, Вінниця (2023)
3. Кравцов, О.В., Южакова, Г.О.: Основи нелінійного аналізу. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ (2022)
4. Benner, P., Breiten, T., Faßbender, H., Hinze, M., Zimmermann, T., Ralf, S.: Model Reduction of Complex Dynamical Systems. Springer International Publishing, Cham (2021)
5. Горобець, О.Ю., Горобець, С.В., Хахно, К.Ю.: Мова python для інженерних та наукових задач [Електронний ресурс]: підруч. для здобувачів ступеня бакалавра та магістра за спеціальностями 162 «Біотехнології та біоінженерія» та 104 «Фізика та астрономія». КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ (2024)
6. Хусаїнов, Д. Я., Харченко, І. І., Шатирко, А. В. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. посібник: Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2009. 132с.
7. Strogatz, S., Friedman, M., Mallinckrodt, A. J., та ін. Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering. Computers in Physics. 1994. Vol. 8, No. 5.
8. Thompson, J. M. T., Stewart, H. B. Nonlinear Dynamics and Chaos: Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. 457с.

9. Radons, G., Rumpf, B., Schuster, H. G. Nonlinear Dynamics of Nanosystems: Nonlinear Dynamics of Nanosystems. 2010.
10. Gallavotti, G. Nonequilibrium and Irreversibility: Cham: Springer International Publishing, 2014. 261с.
11. Виклюк, Я. І., Камінський, Р. М., Пасічник, В. В. Моделювання складних систем: посібник: Львів: Новий Світ – 2000, 2020. 404с.
12. Лазарев, Ю. Ф. Моделювання динамічних систем у Matlab: Київ: НТУУ “КПІ,” 2011. 421с.
13. Дербенцев, В. Д., Сердюк, О. А., Соловйов, В. М., та ін. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: Черкаси: Брама-Україна, 2010. 287с.
14. Zaslavsky, G. M. Hamiltonian Chaos and Fractional Dynamics: New York: Oxford University Press, 2006. 436с.

Базова: [1–5]

Додаткова: [6–14]

### Навчальний контент

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

##### Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Лекція 1. Розділ 1. Динамічні системи і закони їх еволюції. Тема 1.1. Динамічні системи. Тема 1.2. Приклади динамічних систем. [1–5]
2.	Лекція 2. Тема 1.3. Граничні множини динамічних систем. Тема 1.4. Стійкість та її лінійний аналіз. [1–5]
3.	Лекція 3. Тема 1.5. Біфуркації, катастрофи. Тема 1.6. Типи біфуркацій. [1–5]
4.	Лекція 4. Тема 1.7. Регулярні атрактори динамічних систем. Тема 1.8. Експериментальне спостереження автоколивальних систем. [1–5]
5.	Лекція 5. Тема 1.9. Нерегулярні атрактори динамічних систем. Тема 1.10. Види нерегулярних атракторів. [1–5]
6.	Лекція 6. Розділ 2. Динамічний хаос. Тема 2.1. Детермінований хаос. Тема 2.2. Сценарії переходу до хаосу. [1–5]
7.	Лекція 7. Тема 2.3. Генератор квазіперіодичних коливань з двома незалежними частотами. [1–5]

8.	<i>Лекція 8. Тема 2.4. Синхронізація хаотичних автоколивань. [1–5]</i>
9.	<i>Лекція 9. Тема 2.5. Стохастичний резонанс. Тема 2.6. Стохастична синхронізація. [1–5]</i>
10.	<i>Лекція 10. Тема 2.7. Хаос в лінійних та нелінійних одномірних системах. [1–5]</i>
11.	<i>Лекція 11. Тема 2.8. Нелінійні двовимірні відображення. Тема 2.9. Нелінійні комплексні відображення. [1–5]</i>
12.	<i>Лекція 12. Тема 2.10. Фізичні експерименти з хаотичними системами. [1–5]</i>
13.	<i>Лекція 13. Тема 2.11. Дослідження хаотичного руху за допомогою перерізу Пуанкаре. [1–5]</i>
14.	<i>Лекція 14. Розділ 3. Аналітичні методи дослідження нелінійної динаміки складних систем. Тема 3.1. Проблема «швидких» і «повільних» змінних. Метод усереднення. Тема 3.2. Метод Ван дер Поля. [1–5]</i>
15.	<i>Лекція 15. Тема 3.3. Параметричний резонанс. [1–5]</i>
16.	<i>Лекція 16. Розділ 4. Нелінійна динаміка в реакційно-дифузійних системах. Тема 4.1. Хвилі та динамічні структури в реакційно-дифузійних системах. [1–5]</i>
17.	<i>Лекція 17. Тема 4.2. Стійкість однорідного стану в реакційно-дифузійних системах. Тема 4.3. Структури Тьюрінга. Хвильова нестійкість. [1–5]</i>
18.	<i>Лекція 18. Тема 4.4. Самоорганізація в електрохімічних системах. [1–5]</i>

## 6. Практичні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	<i>Практичне заняття 1. Розділ 1. Динамічні системи і закони їх еволюції. Тема 1.1. Динамічні системи. Тема 1.2. Приклади динамічних систем. Тема 1.3. Граничні множини динамічних систем. Тема 1.4. Стійкість та її лінійний аналіз. [1–5], [6-14]</i>

2.	<p>Практичне заняття 2.</p> <p>Тема 1.5. Біфуркації, катастрофи. Тема 1.6. Типи біфуркацій. Тема 1.7. Регулярні аттрактори динамічних систем. Тема 1.8. Експериментальне спостереження автоколивальних систем.</p> <p>[1–5], [6-14]</p>
3.	<p>Практичне заняття 3.</p> <p>Тема 1.9. Нерегулярні аттрактори динамічних систем. Тема 1.10. Види нерегулярних аттракторів. Розділ 2. Динамічний хаос. Тема 2.1. Детермінований хаос. Тема 2.2. Сценарії переходу до хаосу.</p> <p>[1–5], [6-14]</p>
4.	<p>Практичне заняття 4.</p> <p>Тема 2.3. Генератор квазіперіодичних коливань з двома незалежними частотами. Тема 2.4. Синхронізація хаотичних автоколивальних.</p> <p>[1–5], [6-14]</p>
5.	<p>Практичне заняття 5.</p> <p>Тема 2.5. Стохастичний резонанс. Тема 2.6. Стохастична синхронізація. Тема 2.7. Хаос в лінійних та нелінійних одномірних системах.</p> <p>[1–5], [6-14]</p>
6.	<p>Практичне заняття 6.</p> <p>Тема 2.8. Нелінійні двовимірні відображення. Тема 2.9. Нелінійні комплексні відображення. Тема 2.10. Фізичні експерименти з хаотичними системами.</p> <p>[1–5], [6-14]</p>
7.	<p>Практичне заняття 7.</p> <p>Тема 2.11. Дослідження хаотичного руху за допомогою перерізу Пуанкаре. Розділ 3. Аналітичні методи дослідження нелінійної динаміки складних систем. Тема 3.1. Проблема «швидких» і «повільних» змінних. Метод усереднення. Тема 3.2. Метод Ван дер Поля.</p> <p>[1–5], [6-14]</p>
8.	<p>Практичне заняття 8.</p> <p>Тема 3.3. Параметричний резонанс. Розділ 4. Нелінійна динаміка в реакційно-дифузійних системах. Тема 4.1. Хвилі та динамічні структури в реакційно-дифузійних системах.</p> <p>[1–5], [6-14]</p>
9.	<p>Практичне заняття 9.</p> <p>Тема 4.2. Стійкість однорідного стану в реакційно-дифузійних системах. Тема 4.3. Структури Тьюрінга. Хвильова нестійкість. Тема 4.4. Самоорганізація в електрохімічних системах.</p> <p>[1–5], [6-14]</p>

## 7. Самостійна робота студента

	Тема СРС
1.	<p>СРС 1.</p> <p>Розділ 1. Динамічні системи і закони їх еволюції. Тема 1.1. Динамічні системи. Тема 1.2. Приклади динамічних систем.</p> <p>[1–5], [6-14]</p>
2.	СРС 2.

	<p><i>Тема 1.3. Граничні множини динамічних систем. Тема 1.4. Стійкість та її лінійний аналіз.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
3.	<p><i>СРС 3.</i></p> <p><i>Тема 1.5. Біфуркації, катастрофи. Тема 1.6. Типи біфуркацій.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
4.	<p><i>СРС 4.</i></p> <p><i>Тема 1.7. Регулярні атрактори динамічних систем. Тема 1.8. Експериментальне спостереження автоколивальних систем.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
5.	<p><i>СРС 5.</i></p> <p><i>Тема 1.9. Нерегулярні атрактори динамічних систем. Тема 1.10. Види нерегулярних атракторів.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
6.	<p><i>СРС 6.</i></p> <p><i>Розділ 2. Динамічний хаос. Тема 2.1. Детермінований хаос. Тема 2.2. Сценарії переходу до хаосу.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
7.	<p><i>СРС 7.</i></p> <p><i>Тема 2.3. Генератор квазіперіодичних коливань з двома незалежними частотами.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
8.	<p><i>СРС 8.</i></p> <p><i>Тема 2.4. Синхронізація хаотичних автоколивань.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
9.	<p><i>СРС 9.</i></p> <p><i>Тема 2.5. Стохастичний резонанс. Тема 2.6. Стохастична синхронізація.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
10.	<p><i>СРС 10.</i></p> <p><i>Тема 2.7. Хаос в лінійних та нелінійних одномірних системах.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
11.	<p><i>СРС 11.</i></p> <p><i>Тема 2.8. Нелінійні двовимірні відображення. Тема 2.9. Нелінійні комплексні відображення.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
12.	<p><i>СРС 12.</i></p> <p><i>Тема 2.10. Фізичні експерименти з хаотичними системами.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
13.	<p><i>СРС 13.</i></p> <p><i>Тема 2.11. Дослідження хаотичного руху за допомогою перерізу Пуанкаре.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
14.	<p><i>СРС 14.</i></p> <p><i>Розділ 3. Аналітичні методи дослідження нелінійної динаміки складних систем. Тема 3.1. Проблема «швидких» і «повільних» змінних. Метод усереднення. Тема 3.2. Метод Ван дер Поля.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
15.	<p><i>СРС 15.</i></p> <p><i>Тема 3.3. Параметричний резонанс.</i></p> <p><i>[1–5], [6-14]</i></p>
16.	<p><i>СРС 16.</i></p>



	<i>Розділ 4. Нелінійна динаміка в реакційно-дифузійних системах. Тема 4.1. Хвилі та динамічні структури в реакційно-дифузійних системах. [1–5], [6-14]</i>
17.	<i>СРС 17. Тема 4.2. Стійкість однорідного стану в реакційно-дифузійних системах. Тема 4.3. Структури Тьюрінга. Хвильова нестійкість. [1–5], [6-14]</i>
18.	<i>СРС 18. Тема 4.4. Самоорганізація в електрохімічних системах. [1–5], [6-14]</i>

## Політика та контроль

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

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять (згідно розкладу і згідно загально-університетського розпорядку);
- правила поведінки на заняттях (активність на практичних заняттях є обов'язковою, бали за активність на практичних заняттях не ставляться, відключення телефонів є обов'язковим);
- правила захисту індивідуальних завдань (тестування <https://classroom.google.com/c/NDQzOTUxNzk1ODky?cjc=абixszt>);
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів (штрафні бали не призначаються, заохочувальні бали призначаються суворо згідно підрозділу 9 цього силабусу);
- політика дедлайнів та перескладань (згідно загально-університетського розпорядку);
- політика щодо академічної доброчесності (згідно загально-університетського розпорядку);
- Студент зобов'язаний зареєструватися на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals (в минулому G Suit For Education) на домені @LLL.kpi.ua та приєднатися до Google Класу «Нелінійна динаміка складних систем» за посиланням <https://classroom.google.com/c/NDQzOTUxNzk1ODky?cjc=абixszt>. Для цього студенту необхідно спочатку отримати акаунт в Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua. Для отримання акаунта в Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua необхідно заповнити Google Форму: [https://sikorsky-distance.kpi.ua/req\\_gsuite/](https://sikorsky-distance.kpi.ua/req_gsuite/). Після реєстрації та модерації заявки студента, адміністратор надішле студенту на пошту пароль та логін до акаунту, з яким студент зможе використовувати всі доступні інструменти та сервіси Google Workspace for Education Fundamentals. Google Workspace for Education Fundamentals – це пакет спеціалізованого хмарного програмного забезпечення, інструментів для спільної роботи та дистанційного навчання від компанії Google. Основна складова пакету – система управління навчанням Google Клас, яка дозволяє викладачу створювати навчальні класи, оцінювати завдання, надавати учням зворотній зв'язок, публікувати оголошення і поширювати навчальні матеріали. Викладач може бачити, хто виконав завдання, а хто ще продовжує над ним працювати, а також читати питання і коментарі учнів. Для приєднання до навчального курсу «Нелінійна динаміка складних систем» студенту потрібно перейти у Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com>, натиснути зображення «+» у верхньому правому кутку браузерa, вибрати «Приєднатися до класу» та ввести код курсу абixszt. Акаунти студентів, які приєдналися до Google Класу не з акаунта на домені @LLL.kpi.ua, будуть вилучатися з навчального курсу «Нелінійна динаміка складних систем» Google Класу тому, що автоматичний імпорт оцінок за

тестування можливі виключно з акаунта на домені @LLL.kpi.ua. Система Google Клас автоматично надсилає кожному студенту бали по кожному з видів контролю на електронну пошту. Тому для ознайомлення з балами за кожен окремий вид контролю студенту необхідно змінити налаштування електронної пошти так, щоб ці електронні листи не потрапляли у спам. Всі виконані завдання для перевірки викладачем студент повинен завантажувати через систему Google Клас (результати виконання завдань, надіслані через телеграм канал перевіряються не будуть);

- Листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни.

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

*Поточний контроль: тести*

*Календарний контроль: контроль виконання самостійної роботи проводиться двічі на семестр у формі тестів як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

*Семестрова атестація проводиться у вигляді екзамену. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.*

*Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.*

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи
	Кредити	Акад. год.	Лекції	Практичні заняття	СРС	Семестр атест.
2	4	120	36	18	66	Залік

*Поточний контроль: тести*

*Календарний контроль: контроль виконання самостійної роботи та завдань практичних занять проводиться двічі на семестр у формі тестів як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

*Рейтинг студентів ФМФ з «Нелінійної динаміки складних систем» складається з балів, які вони отримують за:*

- 1) МКР
- 2) Практичні заняття
- 3) Додаткові бали за активність на практичних заняттях (10 балів максимум).

*Студентам, які успішно здали МКР (модульна контрольна робота) та розв'язують задачі на практичних заняттях, можуть нараховуватися за семестр максимум 100 балів. Оцінювання МКР та оцінювання вміння розв'язувати задачі на практичних заняттях здійснюватиметься оцінюванням результатів тестування на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua в системі Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com/c/NDQzOTUxNzk1ODky?cjc=a6ixszt>. МКР складається з одного тесту 50 балів максимум. Оцінювання вміння розв'язувати задачі на практичних заняттях складається з двох тестів по 25 балів максимум за кожен тест. Кожен з тестів можливо пройти тільки один раз. Відповідно перед кожною атестацією, а також в кінці семестру всі набрані студентом бали в Google Класі будуть вноситись до системи АІС «Електронний кампус» КПІ імені Ігоря Сікорського.*

*Необхідною умовою допуску до заліку із «Нелінійної динаміки складних систем» є задовільне виконання МКР (не менше 25 балів), задовільні вміння розв'язання задач на практичних заняттях (не менше 25 балів), а також сумарний стартовий рейтинг не менше 50 балів.*

*Семестрова атестація проводиться у вигляді заліку. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.*

*Система рейтингових балів та критерії оцінювання.*

*Сума вагових балів контрольних заходів зі «Нелінійної динаміки складних систем» протягом семестру складає **R<sub>c</sub> = 100 балів**.*

Рейтингова шкала з «Нелінійної динаміки складних систем» складає  $R_D = R_C = 100$  балів.

Якщо студент протягом семестру набрав не менше 60 балів, він отримує залік автоматом.

Для виставлення оцінок до залікової книжки рейтинг переводиться у оцінки відповідно до таблиці.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані інші умови допуску до екзамену	Не допущено

Якщо ж студент протягом семестру набрав менше 60 балів, він має скласти залікову контрольну роботу у вигляді тесту на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua в системі Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com/c/NDQzOTUxNzk1ODky?cjc=a6ixszt>, ваговий коефіцієнт якої складає 100 балів. При цьому, стартовий рейтинг не враховується. Кількість балів, набраних на заліковій контрольній роботі, переводиться в оцінку за тою ж шкалою. Якщо студент набрав протягом семестру 60 балів і більше, але хоче підвищити свою рейтингову оцінку, він може це зробити шляхом складання залікової контрольної роботи у вигляді тесту на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua в системі Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com/c/NDQzOTUxNzk1ODky?cjc=a6ixszt>, ваговий коефіцієнт якої складає 100 балів. При цьому, стартовий рейтинг не враховується.

#### 10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль наведено в тестах в системі дистанційного навчання Google Клас <https://classroom.google.com/c/NDQzOTUxNzk1ODky?cjc=a6ixszt> ;
- можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою не передбачена.

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

Складено професором кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів, д.ф.-м.н., професором Горобець О.Ю.

Ухвалено кафедрою загальної фізики та моделювання фізичних процесів (протокол № 06-24 від 11.06.2024).

Погоджено Методичною комісією Фізико-математичного факультету (протокол № 10 від 25.06.2024).