

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення спеціальності  
від « 31 » \_\_\_\_\_ 08 \_\_\_\_\_ 20 20 року  
протокол № 1  
Голова групи д.ф.-м.н., проф. Хецеліус О.Ю.

**СИЛАБУС**

навчальної дисципліни

<u>Математичні та фізичні моделі квантових і нейромереж</u>			
(назва навчальної дисципліни)			
<u>113 – Прикладна математика</u>			
(шифр та назва спеціальності)			
<u>Прикладна математика класичних та квантових систем</u>			
(назва освітньої програми)			
<u>Третій</u>		<u>Денна</u>	
(рівень вищої освіти)		(форма навчання)	
<u>другий</u>	<u>4</u>	<u>5/150</u>	<u>Залік</u>
(рік навчання)	(семестр навчання)	(кількість кредитів ЄКТС/годин)	(форма контролю)
<u>кафедри вищої та прикладної математики</u>			
(кафедра)			

Одеса, 2020 р.

**Автори:**

завідувач кафедри вищої та прикладної математики, д.ф.-м.н., проф.  
Глушков О.В.,

професор кафедри вищої та прикладної математики, д.ф.-м.н., проф.  
Хецеліус О.Ю.,

професор кафедри вищої та прикладної математики, д.ф.-м.н., проф.  
Свинаренко А.А.,

доцент кафедри вищої та прикладної математики, к.ф.-м.н., доц.

Буяджи В.В.

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри вищої та прикладної математики від « 31 » 08 20 20 року, протокол № 1 .

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності
Глушков О.В., Хецеліус О.Ю., Свинаренко А.А., Буяджи В.В.	30.08.2019 р., № 1	02.09.2019 р.
Глушков О.В., Хецеліус О.Ю., Свинаренко А.А.	31.08.2017 р., № 1	01.09.2017 р.

## ЗМІСТ

1. Глосарій .....	4
2. Опис навчальної дисципліни .....	5
3. Мета та завдання навчальної дисципліни .....	6
4. Схема навчальної дисципліни .....	7
5. Програма лекційних блоків .....	8
6. Програма практичних блоків .....	16
7. Програма блока наукової роботи .....	23
8. Організація самостійної роботи аспірантів .....	23
9. Індивідуальні завдання, курсові роботи .....	24
10. Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю знань аспірантів .....	25
11. Література .....	28

## 1. ГЛОСАРІЙ

- І** – іспит
- З** – залік
- ІЗ** – індивідуальне завдання
- КР** – контрольна робота
- КуР** – курсова робота
- ЛЗ** – лекційне заняття
- УО** – усне опитування
- ВЗ** – перевірка виконання індивідуального завдання
- ОЗЕ** – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС під час проведення аудиторних занять
- ВІЗ** – виконання індивідуального завдання
- ВКуР** – виконання курсової роботи
- ВЛБ** – вивчення певних тем лекційного блоку
- ПІЗ** – перевірка індивідуального завдання
- ПКР** – перевірка контрольної роботи
- ПКуР** – перевірка курсової роботи
- ПЛЗ** – підготовка до лекційних занять
- ПМКР** – підготовка до контрольної роботи
- ПУОП** – підготовка до усного опитування під час практичних занять
- ПО** – підсумкова оцінка

## 2. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 1

Найменування показників	Галузь знань, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристики навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів ECTS 5	Галузь знань: 11. Математика та статистика	Нормативна	
	Рівень освіти: Третій		
Змістовних блоків: лекційних: 7 практичних: 4 3	Спеціальність: 113 – Прикладна математика	Рік підготовки	
		2	2
		Семестр	
		4	4
Індивідуальні завдання: денна форма - індивідуальне завдання - 1 курсова робота - 1  заочна форма - індивідуальне завдання - 1 курсова робота - 1	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Доктор філософії	Лекційні заняття	
		45	10
		Практичні заняття	
		30	10
		Самостійна робота	
		75	130
		Індивідуальні завдання	
Загальна кількість годин: денна -150; заочна - 150		Форма підсумкового Контролю	
		3	3
Співвідношення годин (%):	аудиторні заняття самостійна індивідуальна робота	денна 50.0	заочна 13.0
		50.0	87.0

### **3. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Дисципліна «Математичні та фізичні моделі квантових і нейромереж» є вибірковою дисципліною у циклі професійної підготовки аспірантів (третьій рівень освіти) за спеціальністю 113- Прикладна математика.

Вона спрямована на засвоєння (забезпечення) низки запланованих компетентностей, у т.ч., вивчення сучасного апарату квантових та нейромереж і на їх основі будувати нові обчислювальні алгоритми та програмні комплекси для математичного моделювання лінійних та нелінійних процесів у складних системах з регулярною та хаотичною динамікою

Місце дисципліни у структурно-логічній схемі її викладання: отримані знання при вивченні даної дисципліни використовуються при написанні дисертаційних робіт, тематика яких пов'язана із дослідженням властивостей та регулярної та хаотичної динаміки різноманітні класів математичних, фізико-хімічних, кібернетичних, соціально-економічних та екологічних систем. Основні поняття дисципліни – це бажаний інструментарій досвідченого фахівця у галузі прикладної математики.

Метою вивчення дисципліни є засвоєння (забезпечення) низки компетентностей, зокрема, здатність розробляти нові та удосконалювати існуючі математичні та фізичні моделі квантових та нейромереж і на їх основі будувати нові обчислювальні алгоритми та програмні комплекси для математичного моделювання лінійних та нелінійних процесів у складних системах з регулярною та хаотичною динамікою.

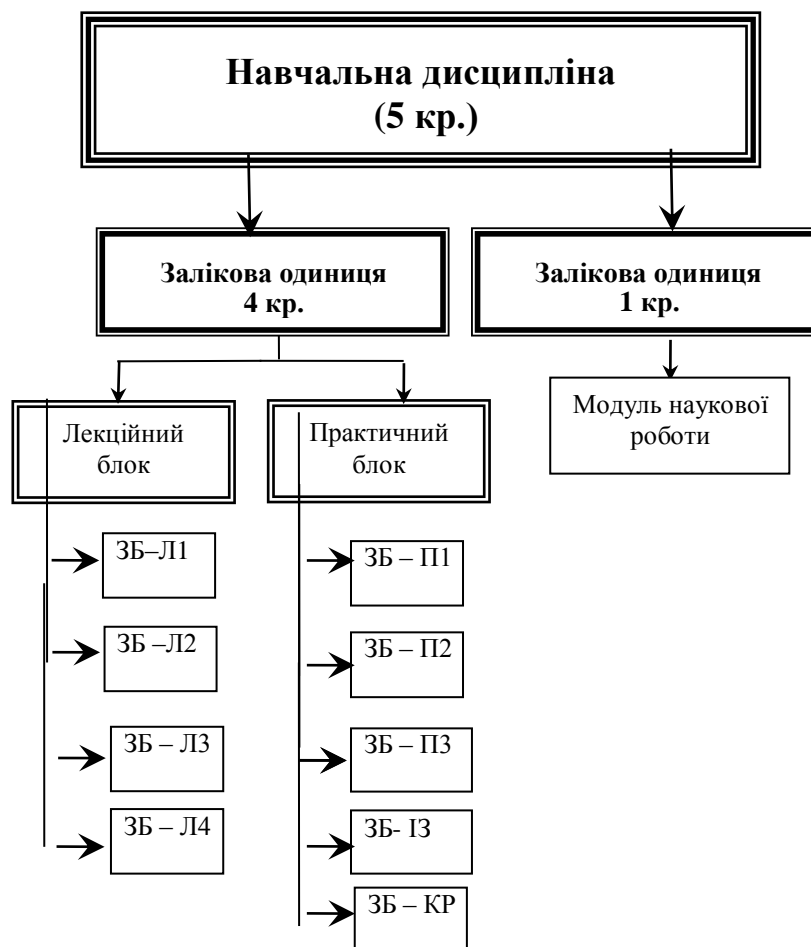
**Загальний обсяг навчального часу**, що припадає на вивчення дисципліни, становить **150** год. для денної форми навчання та **150** год. для заочної форми навчання.

**Після засвоєння цієї дисципліни аспірант повинен уміти** удосконалювати існуючі сучасні математичні та фізичні моделі квантових та нейромереж, а також будувати нові ефективні моделі, і на їх основі розвивати нові обчислювальні алгоритми та програмні комплекси для аналізу, математичного моделювання та прогнозування лінійних та нелінійних процесів у складних системах з регулярною та хаотичною динамікою.

**Вивчення дисципліни Математичні та фізичні моделі квантових і нейромереж»** проводиться на другому році навчання ( 4 семестр; денна і заочна форми навчання) і передбачає лекційні та практичні заняття. Види контролю поточних знань – контрольні та курсова роботи, опитування, залік.

#### 4. СХЕМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(Дисципліна містить навчальний курс загальним обсягом 300 годин, індивідуальне завдання міститься у практичному модулі)



## 5. ПРОГРАМА ЛЕКЦІЙНИХ БЛОКІВ

Таблиця 2

Змістовні модулі	Назва змістовного блока	Назва теми	Денна форма				Заочна форма			
			Кількість ауд. годин	Кількість годин СРС	Завдання на СРС	Форми поточного контр. СРС	Кількість аудиторних годин	Кількість годин СРС	Завдання на СРС	Форми поточного контр. СРС
ЗБ- Л1	Математичні та фізичні моделі звичайних нейронних мереж	Предмет та задачі теорії нейронних мереж. Математичні та фізичні моделі звичайних нейронних мереж. Нейронна мережа як окремий випадок методів розпізнавання образів. дискримінантного аналізу. методів кластеризації тощо. Нейронна мережа в задачах адаптивного управління і як алгоритми для робототехніки. Нейронна мережа - спосіб вирішення проблеми ефективного паралелізму. Навчання нейронних мереж - не багатопараметрична завдання нелінійної оптимізації. Штучна нейронна мережа. математична модель. програмне або апаратне втілення. моделі побудови за принципом організації та функціонування біологічних мереж (мереж нервових клітин живого організму). Штучна нейронна мережа. елементи побудови (моделювання) приполюного інтелекту за допомогою комп'ютерних алгоритмів (елементи конективізму). Відмінності від машин з архітектурою фон Неймана. Елементи теорії штучного інтелекту.	5	4	ПЛЗ		2	12	ПЛЗ	
		Нейронна мережа Хеммінга та задача класифікації бінарних вхідних векторів. Нейронні мережі типу Хопфілда. Нейронні мережі адаптивного резонансу. Нейронні мережі Кохонена. Нейронні мережі на основі радіально-симетричних функцій. Одно- та багатозарові перцептрони. Етапи життєвого циклу нейронної мережі (комп'ютерна модель гіллястої архітектури дендритів пірамідальних нейронів). Приклади додатків теорії нейронних мереж. Фізика, геофізика, хімія, біологія, соціологія, економіка, теорія фінансів (передбачення фінансових часових рядів), психодіагностика, хемоінформатика, нейроуправління.	5	4	ПЛЗ	ПУОП  УО	УО	УО	УО	УО



ЗБ- Л2	Програмна реалізація чисельних моделей нейронно-мережових систем. Розпізнавання образів і класифікація	Запам'ятовування і відтворення складних послідовностей образів (патернів). Програмна реалізація чисельних моделей нейронно-мережових систем. Розпізнавання образів і класифікація. Прийняття рішень і управління. Використовувані архітектури нейромереж. Кластеризація. Стиснення даних і асоціативна пам'ять. Аналіз даних і використання архітектури нейромереж. Оптимізація. Навчання мережі. Етапи вирішення завдань навчання: збір даних для навчання, вибір топології мережі, експериментальний підбір пропускної здатності мережі і параметрів навчання, перевірка адекватності навчання, класифікація за типом вхідної інформації, характером навчання, налаштування синапсів, за часом передачі сигналу, характером зв'язків тощо. Концептуальні аспекти побудови програмних реалізацій моделей нейронних мереж. Алгоритмічна модель системи. Алгоритм функціонування програмної моделі. Об'єктно-орієнтована модель системи. Тестування системи. Комп'ютерні експерименти з моделювання динаміки нейронних мереж. Приклади додатків теорії нейронних мереж. Фізика, геофізика, хімія, біологія, соціологія, економіка, теорія фінансів (передбачення фінансових часових рядів), психодіагностика, хемоінформатика, нейроуправління	5	4	ПЛЗ		2	12	ПЛЗ	УО
			5	4	ПУОП				ПУОП	УО
ЗБ- Л3	Математичні та фізичні моделі оптичних нейромереж	Математичні та фізичні моделі оптичних нейромереж. Фотонна луна як новий фізичний принцип реалізації оптичних нейронних мереж. Фізичний аспект моделей нейронних мереж на основі одно-та багато-фотонної луни. Теоретичні моделі стимульованої одно-та багато-фотонної луни. Технологічні реалізації оптичних нейронних мереж на основі фотонної луни. Проблеми теорії одnofотонної луни і труднощі експериментальної реалізації нейронно-мережових моделей на основі фотонної луни. Чисельне моделювання кінетики різниці заселеність резонансних рівнів ансамблю атомів в полі імпульсу непрямокутної форми. Стохастичний резонанс. Модель оптичної нейронно-мережової системи в режимі «сто-	8	4	ПЛЗ		3	12	ВЛБ	УО
						ПУОП	УО			ВЛБ

		частинного резонансу». Нові квантові моделі фотонної луни в ансамблі дворівневих систем, обумовленої надтонкою структурою. Оптична бістабільність і динаміка нейромереж на основі фотонної луни. Модель довгоживучої стимульованої фотонної луни, сформованої дією прямокутних (непрямокутних, солітонних тощо) імпульсів збудження та обумовленої надтонкою структурою. Іонізований суператом як лічильник одиночних електронів і елемент нейронно-мережевої системи. Бістабільність оптичного пропускання при багатofотонному поглинанні і елементи багатofотонних нейронно-мережевих систем.	5	4	ПЛЗ	УО	1			
ЗБ- Л4	Математичні та фізичні моделі квантових нейромереж. Квантові нейромережі на основі суперпровідних фізичних та біологічних систем	Елементи теорії квантових нейромереж. Квантова нейронна мережа і пошук мінімуму деякої цільової функції шляхом адиабатичній еволюції квантової системи. Математичні та фізичні моделі квантових нейромереж. Масив квантових точок у напівпровідниковій гетероструктурі як приклад квантової нейромережі та шлях до побудови адиабатичних квантових комп'ютерів. Парадигма квантових обчислень. Квантові нейромережі з вчителем. Квантово-інспіровані нейромережі. Асоціативна пам'ять і інтерференційні мережі. Квантові процесори D-wave systems inc. Моделювання систем, що самоорганізуються, нелінійним рівнянням Шредінгера. Квантові нейронні мережі на квантових точках. Мережі з фонною нелінійністю, диполь-дипольною взаємодією. Матриця густини для мережі на квантових точках. Обробка інформації біосистемами на основі моделей Ізінгу та інших. Квантові нейромережі на основі суперпровідних фізичних та біологічних систем	5	5	ПЛЗ	УО	3	14	ВЛМ	УО
			7	6	ПМКР (ПО)	КР			ПМКР (ПО)	КР (ПКР)
Підготовка до заліку				<b>10</b>				<b>10</b>		
Всього			<b>45</b>	<b>45</b>			<b>10</b>	<b>60</b>		

Після вивчення лекційних змістовних блоків студенти мають оволодіти наступними знаннями.

**ЗБ-Л1.** Предмет та задачі теорії нейронних мереж. Математичні та фізичні моделі звичайних нейронних мереж. Нейронна мережа як окремий випадок методів розпізнавання образів, дискримінантного аналізу, методів кластеризації тощо. Нейронна мережа в задачах адаптивного управління і як алгоритми для робототехніки. Нейронна мережа - спосіб вирішення проблеми ефективного паралелізму. Навчання нейронних мереж - це багатопараметрична завдання нелінійної оптимізації. Штучна нейронна мережа, математична модель, програмне або апаратне втілення, моделі побудови за принципом організації та функціонування біологічних мереж (мереж нервних клітин живого організму). Штучна нейронна мережа, елементи побудови (моделювання) природного інтелекту за допомогою комп'ютерних алгоритмів (елементи конективізму). Відмінності від машин з архітектурою фон Неймана. Елементи теорії штучного інтелекту. Нейронна мережа Хеммінга та задача класифікації бінарних входних векторів. Нейронні мережі типу Хопфілда. Нейронні мережі адаптивного резонансу. Нейронні мережі Кохонена. Нейронні мережі на основі радіально-симетричних функцій. Одно-та багатосарові перцептрони. Етапи життєвого циклу нейронної мережі (комп'ютерна модель гіллястої архітектури дендритів пірамідальних нейронів). Приклади додатків теорії нейронних мереж. Фізика, геофізика, хімія, біологія, соціологія, економіка, теорія фінансів (передбачення фінансових часових рядів), психодіагностика, хемоінформатика, нейроуправління.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы.- Ижевск : ИКИ, 2010. — 656С.
2. Табор Х. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.-М: Мир, 2009.-306С.
3. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.Н., Исаева О.Б., Нелинейность: от колебаний к хаосу.-М-Ижевск: НИЦ РХД.-2006.-184С.
4. Ott E. Chaos in dynamical systems/ Ott E.; Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002.- 490p.;
5. Gutzwiller M. Chaos in Classical and Quantum Mechanics/ Gutzwiller M.- N.-Y.:Springer-Verlag, 1990.-720p.
6. Штохман Х.-Ю. Квантовый хаос М: Физматлит, 2004. — 176С.
7. Гринченко В. Т., Мацыпура В. Т., Снарский А. А. Введение в нелинейную динамику: Хаос и фракталы. М. : URSS, 2010. — 280 с.
8. Glushkov A.V. , Khetselius O.Yu., Kruglyak Yu.A., Ternovsky V.B., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P.3 Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
9. Kruglyak Yu.A., Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Buyadzhi V.V., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P. 4. Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
10. Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V.,

- Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 1: Theory of many-body systems, Lecture's Notes.- Odessa: OSENU, 2015.-164P.
11. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Serga I.N., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 2: New methods and algorithms, Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.- 130P.
  12. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Chernyakova Yu.G., Fractal Geometry and a Chaos Theory, part 2: New methods and algorithms of Nonlinear Analysis, Lecture's Notes- Odessa: OSENU.- 92P.
  13. Глушков А.В. Релятивистская квантовая теория. Квантовая механика атомных систем.-Одесса: Экология.-2008. –700С.
  14. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: ТЕС.-2014.-405С.

**ЗБ-Л2.** Запам'ятовування і відтворення складних послідовностей образів (патернів). Програмна реалізація чисельних моделей нейронно-мережових систем. Розпізнавання образів і класифікація. Прийняття рішень і управління. Використовувані архітектури нейромереж. Кластеризація. Стиснення даних і асоціативна пам'ять. Аналіз даних і використання архітектури нейромереж. Оптимізація. Навчання мережі. Етапи вирішення завдань навчання: збір даних для навчання, вибір топології мережі, експериментальний підбір пропускнуої здатності мережі і параметрів навчання, перевірка адекватності навчання, класифікація за типом вхідної інформації, характером навчання, налаштування синапсів, за часом передачі сигналу, характером зв'язків тощо. Концептуальні аспекти побудови програмних реалізацій моделей нейронних мереж. Алгоритмічна модель системи. Алгоритм функціонування програмної моделі. Об'єктно-орієнтована модель системи. Тестування системи. Комп'ютерні експерименти з моделювання динаміки нейронних мереж. Приклади додатків теорії нейронних мереж. Фізика, геофізика, хімія, біологія, соціологія, економіка, теорія фінансів (передбачення фінансових часових рядів), психодіагностика, хемоінформатика, нейроуправління

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы.- Ижевск : ИКИ, 2010. — 656С.
2. Табор Х. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.-М: Мир, 2009.-306С.
3. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.Н., Исаева О.Б., Нелинейность: от колебаний к хаосу.-М-Ижевск: НИЦ РХД.-2006.-184С.
4. Ott E. Chaos in dynamical systems/ Ott E.; Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002.- 490p.;
5. Gutzwiller M. Chaos in Classical and Quantum Mechanics/ Gutzwiller M.-N.-Y.:Springer-Verlag, 1990.-720p.

6. Штохман Х.-Ю. Квантовый хаос М: Физматлит, 2004. – 176С.
7. Гринченко В. Т., Мацыпура В. Т., Снарский А. А. Введение в нелинейную динамику: Хаос и фракталы. М. : URSS, 2010. — 280 с.
8. Glushkov A.V. , Khetselius O.Yu., Kruglyak Yu.A., Ternovsky V.B., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P.3 Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
9. Kruglyak Yu.A., Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Buyadzhi V.V., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P. 4. Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
10. Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 1: Theory of many-body systems, Lecture's Notes.- Odessa: OSENU, 2015.-164P.
11. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Serga I.N., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 2: New methods and algorithms, Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.- 130P.
12. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Chernyakova Yu.G., Fractal Geometry and a Chaos Theory, part 2: New methods and algorithms of Nonlinear Analysis, Lecture's Notes- Odessa: OSENU.- 92P.
13. Глушков А.В. Релятивистская квантовая теория. Квантовая механика атомных систем.-Одесса: Экология.-2008. –700С.
14. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: TEC.-2014.-405С.

**ЗБ-ЛЗ.** Математичні та фізичні моделі оптичних нейромереж. Фотонна луна як новий фізичний принцип реалізації оптичних нейронних мереж Фізичний аспект моделей нейронних мереж на основі одно-та багато-фотонної луни. Теоретичні моделі стимульованої одно-та багато-фотонної луни. Технологічні реалізації оптичних нейронних мереж на основі фотонної луни. Проблеми теорії однофотонної луни і труднощі експериментальної реалізації нейронно-мережових моделей на основі фотонної луни. Чисельне моделювання кінетики різниці заселеність резонансних рівнів ансамблю атомів в полі імпульсу непрямокутної форми. Стохастичний резонанс. Модель оптичної нейронно-мережевої системи в режимі «стохастичного резонансу». Нові квантові моделі фотонної луни в ансамблі дворівневих систем, обумовленої надтонкою структурою. Оптична бістабільність і динаміка нейромереж на основі фотонної луни. Модель довгоживучої стимульованої фотонної луни, сформованої дією прямокутних (непрямокутних, солітонних тощо) імпульсів збудження та обумовленої надтонкою структурою. Іонізований суператом як лічильник одиночних електронів і елемент нейронно-мережевої системи. Бістабільність оптичного пропускання при багатофотонному поглинанні і елементи багатофотонних нейронно-мережових систем.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы.- Ижевск : ИКИ, 2010. — 656С.
2. Табор Х. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.-М: Мир, 2009.-306С.
3. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.Н., Исаева О.Б., Нелинейность: от колебаний к хаосу.-М-Ижевск: НИЦ РХД.-2006.-184С.
4. Ott E. Chaos in dynamical systems/ Ott E.; Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002.- 490p.;
5. Gutzwiller M. Chaos in Classical and Quantum Mechanics/ Gutzwiller M.- N.-Y.:Springer-Verlag, 1990.-720p.
6. Штохман Х.-Ю. Квантовый хаос М: Физматлит, 2004. – 176С.
7. Гринченко В. Т., Мацыпура В. Т., Снарский А. А. Введение в нелинейную динамику: Хаос и фракталы. М. : URSS, 2010. — 280 с.
8. Glushkov A.V. , Khetselius O.Yu., Kruglyak Yu.A., Ternovsky V.B., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P.3 Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
9. Kruglyak Yu.A., Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Buyadzhi V.V., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P. 4. Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
10. Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 1: Theory of many-body systems, Lecture's Notes.- Odessa: OSENU, 2015.-164P.
11. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Serga I.N., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 2: New methods and algorithms, Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.- 130P.
12. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Chernyakova Yu.G., Fractal Geometry and a Chaos Theory, part 2: New methods and algorithms of Nonlinear Analysis, Lecture's Notes- Odessa: OSENU.- 92P.
13. Глушков А.В. Релятивистская квантовая теория. Квантовая механика атомных систем.-Одесса: Экология.-2008. –700С.
14. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: TEC.-2014.-405С.

**ЗБ-Л4** Елементи теорії квантових нейромереж. Квантова нейронна мережа і пошук мінімуму деякої цільової функції шляхом адіабатичній еволюції квантової системи. Математичні та фізичні моделі квантових нейромереж. Масив квантових точок у напівпровідниковій гетероструктурі як приклад квантової нейромережі та шлях до побудови адіабатичних квантових комп'ютерів. Парадигма квантових обчислень. Квантові нейромережі з вчителем. Квантово-інспіровані нейромережі. Асоціативна пам'ять і інтерференційні мережі. Квантові процесори D-wave systems inc. Моделювання систем, що самоорга-

нізуються, нелінійним рівнянням Шредінґеру. Квантові нейронні мережі на квантових точках. Мережі з фононою нелінійністю, диполь-дипольною взаємодією. Матриця густини для мережі на квантових точках. Обробка інформації біосистемами на основі моделей Ізінґу та інших. Квантові нейромережі на основі суперпровідних фізичних та біологічних систем.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы.- Ижевск : ИКИ, 2010. — 656С.
2. Табор Х. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.-М: Мир, 2009.-306С.
3. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.Н., Исаева О.Б., Нелинейность: от колебаний к хаосу.-М-Ижевск: НИЦ РХД.-2006.-184С.
4. Ott E. Chaos in dynamical systems/ Ott E.; Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002.- 490p.;
5. Gutzwiller M. Chaos in Classical and Quantum Mechanics/ Gutzwiller M.-N.-Y.:Springer-Verlag, 1990.-720p.
6. Штохман Х.-Ю. Квантовый хаос М: Физматлит, 2004. – 176С.
7. Гринченко В. Т., Мацыпура В. Т., Снарский А. А. Введение в нелинейную динамику: Хаос и фракталы. М. : URSS, 2010. — 280 с.
8. Glushkov A.V. , Khetselius O.Yu., Kruglyak Yu.A., Ternovsky V.B., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P.3 Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
9. Kruglyak Yu.A., Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Buyadzhi V.V., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P. 4. Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
10. Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 1: Theory of many-body systems, Lecture's Notes.- Odessa: OSENU, 2015.-164P.
11. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Serga I.N., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 2: New methods and algorithms, Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.- 130P.
12. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Chernyakova Yu.G., Fractal Geometry and a Chaos Theory, part 2: New methods and algorithms of Nonlinear Analysis, Lecture's Notes- Odessa: OSENU.- 92P.
13. Глушков А.В. Релятивистская квантовая теория. Квантовая механика атомных систем.-Одесса: Экология.-2008. –700С.
14. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.-Одесса: TEC.-2014.-405С.

## 6. ПРОГРАМА ПРАКТИЧНИХ БЛОКІВ

Таблиця 3

Змістовні модулі	Назва змістовного блока	Назва теми	Денна форма				Заочна форма			
			Кількість аудиторних годин	Кількість годин СРС	Завдання на СРС	Форми поточного контролю СРС	Кількість аудиторних годин	Кількість годин СРС	Завдання на СРС	Форми поточного контролю СРС
ЗБ- П1	Математичні та фізичні моделі звичайних нейронних мереж. Практичні аспекти	Предмет та задачі теорії нейронних мереж. Математичні та фізичні моделі звичайних нейронних мереж. Нейронна мережа як окремий випадок методів розпізнавання образів. дискримінантного аналізу. методів кластеризації тощо. Нейронна мережа в задачах адаптивного управління і як алгоритми для робототехніки. Нейронна мережа - спосіб вирішення проблеми ефективного паралелізму. Навчання нейронних мереж - це багатопараметрична завдання нелінійної оптимізації. Штучна нейронна мережа. математична модель. програмне або апаратне втілення. моделі побудови за принципом організації та функціонування біологічних мереж (мереж нервових клітин живого організму). Штучна нейронна мережа. елементи побудови (моделювання) приполюного інтелекту за допомогою комп'ютерних алгоритмів (елементи конективізму). Відмінності від машин з архітектурою фон Неймана. Елементи теорії штучного інтелекту. Нейронна мережа Хеммінга та задача класифікації бінарних вхідних векторів. Нейронні мережі типу Хопфілда. Нейронні мережі адаптивного резонансу. Нейронні мережі Кохонена. Нейронні мережі на основі радіально-симетричних функцій. Одно- та багатошарові перцептрони. Етапи життєвого циклу нейронної мережі (комп'ютерна модель гіллястої архітектури дендритів пірамідальних нейронів).	5	5	ПУОП	УО	1	8	ПУОП	УО
			5	ПУОП	УО	1	8	ПУОП	УО	



		Приклади додатків теорії нейронних мереж. Фізика, геофізика, хімія, біологія, соціологія, економіка, теорія фінансів (передбачення фінансових часових рядів), психодіагностика, хемоінформатика, нейроуправління..								
ЗБ- П2	Програмна реалізація чисельних моделей нейронно-мережових систем. Розпізнавання образів і класифікація. Прийняття рішень і управління	Запам'ятовування і відтворення складних послідовностей образів (патернів). Програмна реалізація чисельних моделей нейронно-мережових систем. Розпізнавання образів і класифікація. Прийняття рішень і управління. Використовувані архітектури нейромереж. Кластеризація. Стиснення даних і асоціативна пам'ять. Аналіз даних і використання архітектури нейромереж. Оптимізація. Навчання мережі. Етапи вирішення завдань навчання: збір даних для навчання, вибір топології мережі, експериментальний підбір пропускнуої здатності мережі і параметрів навчання, перевірка адекватності навчання, класифікація за типом вхідної інформації. характером навчання, налаштування синапсів, за часом передачі сигналу, характером зв'язків тощо. Концептуальні аспекти побудови програмних реалізацій моделей нейронних мереж. Алгоритмічна модель системи. Алгоритм функціонування програмної моделі. Об'єктно-орієнтована модель системи. Тестування системи. Комп'ютерні експерименти з моделювання динаміки нейронних мереж. Приклади додатків теорії нейронних мереж. Фізика, геофізика, хімія, біологія, соціологія, економіка, теорія фінансів (передбачення фінансових часових рядів), психодіагностика, хемоінформатика, нейроуправління	5	5	ПУОП	УО	2	8	ПУОП	УО
			5		ПУОП	КР	2	8	ПУОПР	УО

ЗБ- ПЗ	Математичні та фізичні моделі оптичних нейронних мереж.	Математичні та фізичні моделі оптичних нейронних мереж. Фотонна луна як новий фізичний принцип реалізації оптичних нейронних мереж. Фізичний аспект моделей нейронних мереж на основі одно-та багато-фотонної луни. Теоретичні моделі стимульованої одно-та багато-фотонної луни. Технологічні реалізації оптичних нейронних мереж на основі фотонної луни. Проблеми теорії однофотонної луни і труднощі експериментальної реалізації нейронно-мережових моделей на основі фотонної луни. Чисельне моделювання кінетики різниці заселеність резонансних рівнів ансамблю атомів в полі імпульсу непрямокутної форми. Стохастичний резонанс. Модель оптичної нейронно-мережової системи в режимі «стохастичного резонансу». Нові квантові моделі фотонної луни в ансамблі дворівневих систем, обумовленої надтонкою структурою. Оптична бістабільність і динаміка нейронних мереж на основі фотонної луни. Модель довгоживучої стимульованої фотонної луни, сформованої дією прямокутних (непрямокутних, солітонних тощо) імпульсів збудження та обумовленої надтонкою структурою. Іонізований суператом як лічильник одиночних електронів і елемент нейронно-мережової системи. Бістабільність оптичного пропускання при багатофотонному поглинанні і елементи багатофотонних нейронно-мережових систем.	5	5	ПУОП	УО	2	8	ПУОП	УО
			5		ПМКР	КР	2	10	ПМКР	КР (ПО)
ІЗ1	Індивідуальне завдання		-	5	ПЗ	ВІЗ	X	10	X	X
КуР1	Курсова (дослідницька ) робота КуР		-	10	ПКуР	ВКуР	X	10		
<b>Всього</b>			<b>30</b>	<b>30</b>			<b>10</b>	<b>70</b>		

Після вивчення практичних змістовних блоків студенти мають оволодіти наступними **вміннями**.

**ЗМ-П1.** Предмет та задачі теорії нейронних мереж. Математичні та фізичні моделі звичайних нейронних мереж. Нейронна мережа як окремий випадок методів розпізнавання образів, дискримінантного аналізу, методів кластеризації тощо. Нейронна мережа в задачах адаптивного управління і як алгоритми для робототехніки. Нейронна мережа - спосіб вирішення проблеми ефективного паралелізму. Навчання нейронних мереж - це багатопараметрична завдання нелінійної оптимізації. Штучна нейронна мережа, математична модель, програмне або апаратне втілення, моделі побудови за принципом організації та функціонування біологічних мереж (мереж нервних клітин живого організму). Штучна нейронна мережа, елементи побудови (моделювання) природного інтелекту за допомогою комп'ютерних алгоритмів (елементи конективізму). Відмінності від машин з архітектурою фон Неймана. Елементи теорії штучного інтелекту. Нейронна мережа Хеммінга та задача класифікації бінарних вхідних векторів. Нейронні мережі типу Хопфілда. Нейронні мережі адаптивного резонансу. Нейронні мережі Кохонена. Нейронні мережі на основі радіально-симетричних функцій. Одно-та багатопараметричні перцептрони. Етапи життєвого циклу нейронної мережі (комп'ютерна модель гіллястої архітектури дендритів пірамідальних нейронів). Приклади додатків теорії нейронних мереж. Фізика, геофізика, хімія, біологія, соціологія, економіка, теорія фінансів (передбачення фінансових часових рядів), психодіагностика, хемоінформатика, нейроуправління.

Найявне навчально-методичне забезпечення:

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы.- Ижевск : ИКИ, 2010. — 656С.
2. Табор Х. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.-М: Мир, 2009.-306С.
3. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.Н., Исаева О.Б., Нелинейность: от колебаний к хаосу.-М-Ижевск: НИЦ РХД.-2006.-184С.
4. Ott E. Chaos in dynamical systems/ Ott E.; Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002.- 490p.;
5. Gutzwiller M. Chaos in Classical and Quantum Mechanics/ Gutzwiller M.-N.-Y.:Springer-Verlag, 1990.-720p.
6. Штохман Х.-Ю. Квантовый хаос М: Физматлит, 2004. – 176С.
7. Гринченко В. Т., Мацыпура В. Т., Снарский А. А. Введение в нелинейную динамику: Хаос и фракталы. М. : URSS, 2010. — 280 с.
8. Glushkov A.V. , Khetselius O.Yu., Kruglyak Yu.A., Ternovsky V.B., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P.3 Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
9. Kruglyak Yu.A., Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Buyadzhi V.V., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P. 4.

- Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
10. Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 1: Theory of many-body systems, Lecture's Notes.- Odessa: OSENU, 2015.-164P.
  11. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Serga I.N., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 2: New methods and algorithms, Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.- 130P.
  12. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Chernyakova Yu.G., Fractal Geometry and a Chaos Theory, part 2: New methods and algorithms of Nonlinear Analysis, Lecture's Notes- Odessa: OSENU.-92P.
  13. Глушков А.В. Релятивистская квантовая теория. Квантовая механика атомных систем.-Одесса: Экология.-2008. –700С.
  14. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: TEC.-2014.-405С.

**ЗБ-П2.** Запам'ятовування і відтворення складних послідовностей образів (патернів). Програмна реалізація чисельних моделей нейронно-мережових систем. Розпізнавання образів і класифікація. Прийняття рішень і управління. Використовувані архітектури нейромереж. Кластеризація. Стиснення даних і асоціативна пам'ять. Аналіз даних і використання архітектури нейромереж. Оптимізація. Навчання мережі. Етапи вирішення завдань навчання: збір даних для навчання, вибір топології мережі, експериментальний підбір пропускну здатності мережі і параметрів навчання, перевірка адекватності навчання, класифікація за типом вхідної інформації. характером навчання, налаштування синапсів, за часом передачі сигналу, характером зв'язків тощо. Концептуальні аспекти побудови програмних реалізацій моделей нейронних мереж. Алгоритмічна модель системи. Алгоритм функціонування програмної моделі. Об'єктно-орієнтована модель системи. Тестування системи. Комп'ютерні експерименти з моделювання динаміки нейронних мереж. Приклади додатків теорії нейронних мереж. Фізика, геофізика, хімія, біологія, соціологія, економіка, теорія фінансів (передбачення фінансових часових рядів), психодіагностика, хемоінформатика, нейроуправління.

Найвне навчально-методичне забезпечення:

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы.- Ижевск : ИКИ, 2010. - 656С.
2. Табор Х. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.-М: Мир, 2009.-306С.
3. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.Н., Исаева О.Б., Нелиней-

- ность: от колебаний к хаосу.-М-Ижевск: НИЦ РХД.-2006.-184С.
4. Ott E. Chaos in dynamical systems/ Ott E.; Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002.- 490p.;
  5. Gutzwiller M. Chaos in Classical and Quantum Mechanics/ Gutzwiller M.-N.-Y.:Springer-Verlag, 1990.-720p.
  6. Штохман Х.-Ю. Квантовый хаос М: Физматлит, 2004. – 176С.
  7. Гринченко В. Т., Мацыпура В. Т., Снарский А. А. Введение в нелинейную динамику: Хаос и фракталы. М. : URSS, 2010. — 280 с.
  8. Glushkov A.V. , Khetselius O.Yu., Kruglyak Yu.A., Ternovsky V.B., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P.3 Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
  9. Kruglyak Yu.A., Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Buyadzhi V.V., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P. 4. Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
  - 10.Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 1: Theory of many-body systems, Lecture's Notes.- Odessa: OSENU, 2015.-164P.
  - 11.Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Serga I.N., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 2: New methods and algorithms, Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.- 130P.
  - 12.Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Chernyakova Yu.G., Fractal Geometry and a Chaos Theory, part 2: New methods and algorithms of Nonlinear Analysis, Lecture's Notes- Odessa: OSENU.-92P.
  - 13.Глушков А.В. Релятивистская квантовая теория. Квантовая механика атомных систем.-Одесса: Экология.-2008. –700С.
  - 14.Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.-Одесса: TEC.-2014.-405С.

**ЗБ-ПЗ.** Математичні та фізичні моделі оптичних нейромереж. Фотонна луна як новий фізичний принцип реалізації оптичних нейронних мереж Фізичний аспект моделей нейронних мереж на основі одно-та багато-фотонної луни. Теоретичні моделі стимульованої одно-та багато-фотонної луни. Технологічні реалізації оптичних нейронних мереж на основі фотонної луни. Проблеми теорії однофотонної луни і труднощі експериментальної реалізації нейронно-мережових моделей на основі фотонної луни. Чисельне моделювання кінетики різниці заселеність резонансних рівнів ансамблю атомів в полі імпульсу непрямокутної форми. Стохастичний резонанс. Модель оптичної нейронно-мережової системи в режимі «стохастичного резонансу». Нові квантові моделі фотонної луни в ансамблі дворівневих систем, обумовленої надтонкою структурою. Оптична бістабільність і

динаміка неймереж на основі фотонної луни. Модель довгоживучої стимульованої фотонної луни, сформованої дією прямокутних (непрямокутних, солітонних тощо) імпульсів збудження та обумовленої надтонкою структурою. Іонізований суператом як лічильник одиночних електронів і елемент нейронно-мережевої системи. Бістабільність оптичного пропускання при багатофотонному поглинанні і елементи багатофотонних нейронно-мережевих систем.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы.- Ижевск : ИКИ, 2010. — 656С.
2. Табор Х. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.-М: Мир, 2009.-306С.
3. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.Н., Исаева О.Б., Нелинейность: от колебаний к хаосу.-М-Ижевск: НИЦ РХД.-2006.-184С.
4. Ott E. Chaos in dynamical systems/ Ott E.; Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002.- 490p.;
5. Gutzwiller M. Chaos in Classical and Quantum Mechanics/ Gutzwiller M.-N.-Y.:Springer-Verlag, 1990.-720p.
6. Штохман Х.-Ю. Квантовый хаос М: Физматлит, 2004. – 176С.
7. Гринченко В. Т., Мацыпура В. Т., Снарский А. А. Введение в нелинейную динамику: Хаос и фракталы. М. : URSS, 2010. — 280 с.
8. Glushkov A.V. , Khetselius O.Yu., Kruglyak Yu.A., Ternovsky V.B., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P.3 Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
9. Kruglyak Yu.A., Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Buyadzhi V.V., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P. 4. Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
10. Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 1: Theory of many-body systems, Lecture's Notes.- Odessa: OSENU, 2015.-164P.
11. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Serga I.N., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 2: New methods and algorithms, Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.- 130P.
12. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Chernyakova Yu.G., Fractal Geometry and a Chaos Theory, part 2: New methods and algorithms of Nonlinear Analysis, Lecture's Notes- Odessa: OSENU.- 92P.
13. Глушков А.В. Релятивистская квантовая теория. Квантовая механика атомных систем.-Одесса: Экология.-2008. –700С.
14. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: TEC.-2014.-405С.

## 7. ПРОГРАМА БЛОКІВ НАУКОВОЇ РОБОТИ

В умовах організації навчального процесу для аспірантів (третій рівень освіти) модуль «Наукова робота» є окремою принципово важливою заліковою одиницею. В рамках дисципліни «Математична фізика класичних та квантових систем» пропонуються наступні види наукової роботи: участь у написанні і підготовці до друку наукових статей та тез доповідей на міжнародних, вітчизняних наукових конференціях; участь у науково-дослідних темах кафедри, у т.ч., НДР теми МОН України, написання відповідних підрозділів дисертаційної роботи.

## 8. ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ АСПІРАНТІВ

Таблиця 4

Змістовні блоки	Денна форма				Заочна форма			
	Завдання на СРС	Кільк. годин СРС	Форми контр. СРС	Строки (тиждень)	Завдання на СРС	Кільк. годин СРС	Форми контр. СРС	Час проведення.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЗБ-Л1	ПЛБ	8	УО	1-3 3	ПЛБ	12	УО	м/сес сесія
ЗБ-Л2	ПЛБ	8	УО	4-6 6	ПЛБ	12	УО	м/сес сесія
ЗБ-П1	ПУОП	5	УО	1-7 8	ПУОП	16	УО	Сесія
ЗБ-І3	ПІЗ	5	ПІЗ1	3-12 11	ПІЗ	10	ПІЗ	Сесія
ЗБ-Л3	ПЛБ	8	УО	7-10 10	ПЛБ	12	УО	м/сес сесія
ЗБ-П2	ПУОП	5	УО	8-12 12	ПУОП	16	УО	Сесія
ЗБ-Л4	ПМКР	11	ПКР	11-15 15	ПЛБ	14	УО	м/сес сесія
ЗБ-КуР	ПКуР	10	ПКуР	4-14 15	ВКуР	10	ПКуР	Сесія
ЗБ-П3	ПЛБ	5	УО	11-14 14	ПЛБ	18	УО	м/сес сесія
I (3)		10			ПІ	10		
Разом:		<b>75</b>				<b>130</b>		

## 9. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ ТА КУРСОВІ РОБОТИ

Індивідуальні завдання сприяють більш поглибленому вивченню аспірантом практичного матеріалу, формуванню вмінь використати знання для вирішення відповідних практичних завдань.

В рамках вивчення дисципліни «Математична фізика класичних та квантових систем» для денної та заочної форм навчання індивідуальне завдання міститься у практичному модулі, яке представляє собою домашнє завдання з розв'язанням та письмовим оформленням задач.

Індивідуальне завдання виконується студентами самостійно у вільний від занять, зручний для аспіранта час, як правило, поза аудиторією, але із забезпеченням необхідних консультацій з окремих питань з боку викладача.

Звіт про виконання ІЗ подається аспірантом у вигляді текстового документа з титульною сторінкою на аркушах формату А4. Звіт повинен містити детальну інформацію про розв'язання задачі з обов'язковими поясненнями, що спираються на відповідний теоретичний матеріал або детальний переказ теоретичного матеріалу з наведенням прикладів. Не пізніше ніж за 2 тижні до семестрового підсумкового контролю звіт подається викладачу. Оцінка за ІЗ виставляється в інтегральну відомість окремим блоком і враховується в практичній частині контролю.

### Перелік тем індивідуальних завдань (ІЗ1. ІЗ2)

Тема індивідуального завдання, як правило, вибирається з урахуванням тематики дисертаційних досліджень аспірантів, а також може бути вибрана у наступному вигляді:

1. Фотонна луна як новий фізичний принцип реалізації оптичних нейронних мереж
2. Фізичний аспект моделей нейронних мереж на основі одно-та багатофотонної луни.
3. Технологічні реалізації оптичних нейронних мереж на основі фотонної луни..
4. Чисельне моделювання кінетики різниці заселеність резонансних рівнів ансамблю атомів в полі імпульсу непрямокутної форми.
5. Модель оптичної нейронно-мережевої системи в режимі стохастичного резонансу».
6. Нові квантові моделі фотонної луни в ансамблі дворівневих систем, обумовленої надтонкою структурою.
7. Оптична бістабільність і динаміка нейромереж на основі фотонної луни.
8. Модель довгоживучої стимульованої фотонної луни, сформованої дією прямокутних (непрямокутних, солітонних тощо) імпульсів збудження та обумовленої надтонкою структурою.



### **Перелік тем курсових (дослідницьких) робіт (КуР1, КуР2)**

Тема курсової (дослідницької) роботи, як правило, вибирається з урахуванням тематики дисертаційних досліджень аспірантів, а також може бути вибрана у наступному вигляді:

- Квантова нейронна мережа і пошук мінімуму деякої цільової функції шляхом адіабатичній еволюції квантової системи.
- Математичні та фізичні моделі квантових нейромереж.
- Масив квантових точок у напівпровідниковій гетероструктурі як приклад квантової нейромережі та шлях до побудови адіабатичних квантових комп'ютерів.
- Квантові нейромережі з вчителем.
- Квантово-інспіровані нейромережі.
- Квантові процесори D-wave systems inc.
- Квантові нейронні мережі на квантових точках.
- Обробка інформації біосистемами на основі моделей Ізінгу та інших.
- Квантові нейромережі на основі суперпровідних фізичних та біологічних систем.

### **10. Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю знань аспірантів**

Поточна та підсумкова оцінка рівня знань студентів здійснюється за блоковою системою.

**Теоретична частина** дисципліни розбита на 4 лекційних змістовних блоків, формою контролю кожного з них є контрольна робота, усне опитування (КР, УО). **Практична частина** дисципліни розбита на 3 практичних змістовних блоки, 1 індивідуальне завдання ІЗ та 1 курсову (дослідницьку) роботу КуР. Формою контролю роботи аспіранта на практичних заняттях є усне опитування під час проведення занять (УО), контрольна робота (КР), виконання індивідуальних завдань (ІЗ), курсової роботи (ВКуР),

*Для аспірантів денної та заочної форм навчання питання про допуск до заліку регламентується таким чином: аспірант вважається допущеним до підсумкового контролю з дисципліни, якщо він виконав усі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни..*

#### **Критерії оцінювання письмового заліку**

Білеті (закритого типу) складаються з 10 питань.

Далі наведений перелік питань:

1. Нейронна мережа як окремий випадок методів розпізнавання образів, дискримінантного аналізу, методів кластеризації тощо.
2. Нейронна мережа в задачах адаптивного управління і як алгоритми для робототехніки.

3. Нейронна мережа - спосіб вирішення проблеми ефективного паралелізму.
4. Навчання нейронних мереж - це багатопараметрична завдання нелінійної оптимізації.
5. Штучна нейронна мережа, математична модель, програмне або апаратне втілення, моделі побудови за принципом організації та функціонування біологічних мереж (мереж нервних клітин живого організму).
6. Штучна нейронна мережа, елементи побудови (моделювання) природного інтелекту за допомогою комп'ютерних алгоритмів (елементи конективізму).
7. Нейронна мережа Хеммінга та задача класифікації бінарних вхідних векторів. Нейронні мережі типу Хопфілда.
8. Нейронні мережі адаптивного резонансу. Нейронні мережі Кохонена.
9. Нейронні мережі на основі радіально-симетричних функцій.
10. Запам'ятовування і відтворення складних послідовностей образів (патернів).
11. Програмна реалізація чисельних моделей нейронно-мереж.
12. Розпізнавання образів і класифікація. Прийняття рішень і управління.
13. Кластеризація. Стиснення даних і асоціативна пам'ять.
14. Аналіз даних і використання архітектури нейромереж. Оптимізація. Навчання мережі.
15. Етапи вирішення завдань навчання: збір даних для навчання, вибір топології мережі, експериментальний підбір пропускну здатності мережі і параметрів навчання, перевірка адекватності навчання, класифікація за типом вхідної інформації. характером навчання, налаштування синапсів, за часом передачі сигналу, характером зв'язків тощо.
16. Концептуальні аспекти побудови програмних реалізацій моделей нейронних мереж.
17. Математичні та фізичні моделі оптичних нейромереж.
18. Фотонна луна як новий фізичний принцип реалізації оптичних нейронних мереж
19. Фізичний аспект моделей нейронних мереж на основі одно-та багато-фотонної луни.
20. Теоретичні моделі стимульованої одно-та багато-фотонної луни. Технологічні реалізації нейронних мереж на основі фотонної луни.
21. Модель оптичної нейронно-мережевої системи в режимі «стохастичного резонансу».
22. Нові квантові моделі фотонної луни в ансамблі дворівневих систем, обумовленої надтонкою структурою.
23. Оптична бістабільність нейромереж на основі фотонної луни.
24. Модель довгоживучої стимульованої фотонної луни, сформованої дією прямокутних (непрямокутних, солітонних тощо) імпульсів збудження та обумовленої надтонкою структурою.

25. Квантова нейронна мережа і пошук мінімуму деякої цільової функції шляхом адіабатичній еволюції квантової системи.
26. Математичні та фізичні моделі квантових нейромереж.
27. Масив квантових точок у напівпровідниковій гетероструктурі як приклад квантової нейромережі
28. Квантові нейромережі з вчителем.
29. Квантово-інспіровані нейромережі.
30. Асоціативна пам'ять і інтерференційні мережі.
31. Квантові процесори D-wave systems inc.
32. Моделювання систем, що самоорганізуються, рівнянням Шредінгера.
33. Квантові нейронні мережі на квантових точках.
34. Мережі з фононною нелінійністю, диполь-дипольною взаємодією.
35. Обробка інформації біосистемами на основі моделей Ізінгу та інших.
36. Квантові нейромережі на основі суперпровідних фізичних та біологічних систем.

Правильна відповідь на кожне питання оцінюється у 10 балів від максимально можливої суми (100). **Загальна залікова оцінка** (бал успішності) у цьому випадку є арифметичною сумою оцінок за кожне питання.

#### **Шкала оцінювання за системою ECTS та національною системою**

За шкалою ECTS	За національною системою	Бал успішності
	Для заліку	
A	зараховано	90-100
B	зараховано	82-89,9
C	зараховано	74-81,9
D	зараховано	64-73,9
E	зараховано	60-63,9
FX	не зараховано	35-59,9
F	не зараховано	1-34,9

## 11. Література

### Основна література

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы.- Ижевск : ИКИ, 2010. — 656С.
2. Табор Х. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.-М: Мир, 2009.-306С.
3. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.Н., Исаева О.Б., Нелинейность: от колебаний к хаосу.-М-Ижевск: НИЦ РХД.-2006.-184С.
4. Ott E. Chaos in dynamical systems/ Ott E.; Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2002.- 490p.;
5. Gutzwiller M. Chaos in Classical and Quantum Mechanics/ Gutzwiller M.- N.-Y.:Springer-Verlag, 1990.-720p.
6. Штохман Х.-Ю. Квантовый хаос М: Физматлит, 2004. – 176С.
7. Гринченко В. Т., Мацыпура В. Т., Снарский А. А. Введение в нелинейную динамику: Хаос и фракталы. М. : URSS, 2010. — 280 с.
8. Glushkov A.V. , Khetselius O.Yu., Kruglyak Yu.A., Ternovsky V.B., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P.3 Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
9. Kruglyak Yu.A., Glushkov A.V., Prepelitsa G.P., Buyadzhi V.V., Computational Methods in Quantum Geometry and Chaos theory, P. 4. Lecture's Notes - Odessa: TEC, 2015.-180P.
10. Glushkov A.V., Kruglyak Yu.A., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 1: Theory of many-body systems, Lecture's Notes.- Odessa: OSENU, 2015.-164P.
11. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Buyadzhi V.V., Serga I.N., Numerical methods in Quantum Geometry and Chaos theory, Part 2: New methods and algorithms, Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.- 130P.
12. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Chernyakova Yu.G., Fractal Geometry and a Chaos Theory, part 2: New methods and algorithms of Nonlinear Analysis, Lecture's Notes- Odessa: OSENU.- 92P.
13. Глушков А.В. Релятивистская квантовая теория. Квантовая механика атомных систем.-Одесса: Экология.-2008. –700С.
14. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: TEC.-2014.-405С.

## Додаткова література

1. Wiggins S. Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos.- New York: Springer-Verlag, 1997.-688 p.
2. Perelomov A.M.Generalized coherent states and their applicationsю- Berlin: Springer, 1986.-320P.
3. Глушков А.В. Атом в электромагнитном поле. Численные модели.-Киев: ТНТ, 2006.-450С.
4. Глушков А.В., Хецелиус О.Ю., Свинаренко А.А., Буйаджи В.В., Спектроскопия автоионизационных состояний тяжелых атомов и многозарядных ионов: численные модели.-Одеса: ТЕС, 2015.-236С.
5. Glushkov A.V., Nonlinear chaotic dynamics of Quantum systems: Molecules in an electromagnetic field and laser systems/ Glushkov A.V., Buyadzhi V.V., Kvasikova A.S., Ignatenko A.V., Kuznetsova A.A., Prepelitsa G.P., Ternovsky V.B.// Quantum Systems in Physics, Chemistry, and Biology. Series: Progress in Theoretical Chemistry and Physics, Eds. A.Tadger, R.Pavlov, J.Marvani, E.Brändas, G.Delgado-Barrio (Springer).-2016-Vol.B30.-P.141-151.
6. Glushkov A.V., Khetselius O.Y., Brusentseva S.V., Zaichko P.A., Ternovsky V.B., Studying interaction dynamics of chaotic systems within a non-linear prediction method: application to neurophysiology// Advances in Neural Networks, Fuzzy Systems and Artificial Intelligence, Series: Recent Advances in Computer Engineering, Ed. J.Balicki.(Gdansk, WSEAS Pub.).-2014.-Vol.21.-P.69-75.
7. Glushkov A.V., Svinarenko A.A., Buyadzhi V.V., Zaichko P.A., Ternovsky V.B., Chaos-geometric attractor and quantum neural networks approach to simulation chaotic evolutionary dynamics during perception process// Advances in Neural Networks, Fuzzy Systems and Artificial Intelligence, Series: Recent Advances in Computer Engineering, Ed. J.Balicki.(Gdansk, WSEAS Pub.).-2014.-Vol.21.-P.143-150.