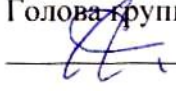


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні групи забезпечення
спеціальності 104 «Оптика і спектроскопія
квантових систем»
від «25» березня 2021 року
протокол № 3
Голова групи забезпечення
 Свиначенко А.А.

УЗГОДЖЕНО
Зав відділом аспірантури і докторантури
 Вітовська О. Т.

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

**«ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ ОПТИКИ ТА ДИНАМІКИ
КВАНТОВИХ ТА ЛАЗЕРНИХ СИСТЕМ»**

(назва навчальної дисципліни)

104 Фізика та астрономія

(шифр та назва спеціальності)

Оптика і спектроскопія квантових систем

(назва освітньої програми)

третій, денна

(рівень вищої освіти) (форма навчання)

1

2

4/120

залік

(рік навчання) (семестр навчання) (кількість кредитів ЄКТС/годин) (форма контролю)

Вищої та прикладної математики

(кафедра)

Одеса, 2021 р.

Автори:

Глушков О.В., зав. кафедри вищої та прикладної математики, д.ф.-м.н., професор;
Свинаренко А.А., професор кафедри вищої та прикладної математики, д.ф.-м.н., професор;
Хецеліус О.Ю., професор кафедри вищої та прикладної математики, д.ф.-м.н., професор
Ігнатенко Г.В., доцент кафедри вищої та прикладної математики, к.ф.-м.н., доцент;

Рецензенти:

Сминтина В.А., д.ф.-м.н., професор (Одеський національний університет ім.І.Мечникова);
Тюрін О.В., д.ф.-м.н., професор (Одеський національний університет ім.І.Мечникова);
Шевчук В.Г., д.ф.-м.н., професор (Одеський національний університет ім.І.Мечникова);

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри вищої та прикладної математики
від «_30_»__08_2021 р., протокол № 1.

Викладачі:

лекційні заняття:

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

практичні заняття:

Ігнатенко Г.В., доцент кафедри вищої та прикладної математики, к.ф.-м.н., доцент;

контактна інформація: телефон кафедри: (0482) 32-67-39, електронна адреса:

okhetsel@gmail.com , chernyakovayg@gmail.com , електронна адреса кафедри: math@odeku.edu.ua

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЗМ-Л1 – змістовий лекційний модуль №1

ЗМ-Л2 – змістовий лекційний модуль №2

ЗМ-П1 – змістовий практичний модуль №1

ЗМ-КуР – змістовий практичний модуль з виконання курсової роботи

ОЗ – оцінка роботи здобувача освіти за всіма змістовими модулями

ОКР – оцінка залікової контрольної роботи

В – інтегральна оцінка поточної роботи здобувача освіти по дисципліні

ЄКТС – Європейська кредитно-трансферна система

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета навчальної дисципліни	Засвоєння (забезпечення) низки компетентностей, зокрема, досягнення відповідних знань, розуміння та здатності використання методів аналізу даних і статистики на найсучаснішому рівні, уміння використовувати стандартні та будувати нові на основі нових математичних підходів програмні продукти, до потреб дисертаційного дослідження, адаптувати, удосконалювати обчислювальні методи та алгоритми для чисельного дослідження характеристик лінійних та нелінійних процесів у складних квантових та класичних системах.
Компетентності, які повинні бути набуті або розвинуті	K09 Компетентність аналізувати дані потенційних комп'ютерних обчислень та натурних експериментів із дослідження енергетичних та спектроскопічних характеристик атомів, молекул, твердих тіл, основних властивостей квантових та лазерних систем, взагалі систем у сфері оптики та лазерної фізики, які можуть бути великого обсягу та вимагати застосування потужних обчислювальних ресурсів.
Програмні результати навчання	P091 Досягнення відповідних знань, розуміння та здатності використання методів аналізу даних і статистики на найсучаснішому рівні. P092 Використовувати стандартні та будувати нові на основі нових математичних підходів програмні продукти, до потреб дисертаційного дослідження, адаптувати, удосконалювати обчислювальні методи та алгоритми для чисельного дослідження енергетичних та спектроскопічних характеристик атомів, молекул, твердих тіл, основних властивостей квантових та лазерних систем, взагалі систем у сфері оптики та лазерної фізики.
Базові знання	Чисельні методи алгебри у розв'язанні задач динаміки квантових систем, математичні основи теорії інтегральних (інтегро-диференціальних) рівнянь, спеціальні функції математичної фізики; обчислювальні методи розв'язання крайових задач для рівнянь динаміки класичних та квантових систем, чисельні методи в задачах моделювання турбулентності, регулярної та стохастичної динаміки, хаосу, методи теорії самоузгодженого поля.
Базові вміння	Застосовувати методи регуляризації, мінімізації згладжуючого функціоналу та ітераційні методи до розв'язування вироджених, несумісних та погано обумовлених систем лінійних алгебраїчних рівнянь; визначати фрактальну розмірність на основі узагальнених ентропій, визначення кореляційну розмірність по часовим рядам; обчислювати часову затримку τ за допомогою автокореляційної функції або взаємної інформації, визначати розмірність вкладення d_E за методом кореляційної розмірності або алгоритму хибних найближчих сусідніх точок; визначати та обчислювати глобальні розмірності Ляпунова, розмірності Каплана-Йорка d_L , ентропії Колмогорова, середні межі передбачуваності P_{max} ; проводити нелінійний аналіз та прогнозування еволюційної хаотичної динаміки економічних, екологічних, нейрофізіологічних та інших систем.
Базові навички	Створення комп'ютерних програм на основі алгоритмічних мов «Фортран», C++ та інших, використання комплексу програм «Geomath».

<i>Пов'язані силабуси</i>	<i>Немає</i>
<i>Попередня дисципліна</i>	«Квантова оптика та лазерна фізика»
<i>Наступна дисципліна</i>	Вибіркова дисципліна
<i>Кількість годин</i>	лекції – 30 год., практичні заняття – 30 год., самостійна робота – 60 год.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Лекційний модуль

Код	Назви змістовних модулів та перелік тем лекційних занять	Кількість годин	
		Аудиторні	Самост. робота
ЗМ-Л1	Чисельні методи алгебри у розв'язанні задач динаміки квантових систем. Математичні основи теорії інтегральних (інтегро-диференціальних) рівнянь. Спеціальні функції математичної фізики.	15	10
Л1.1	Поглиблена теорія наближених методів розв'язування задач динаміки класичних та квантових систем. Питання оптимізації методів комп'ютерного розв'язування задач динаміки. Чисельні методи алгебри.	2	1
Л1.2	Чисельні методи знаходження власних значень та власних векторів матриці. Ітераційний метод. Метод знаходження коефіцієнтів характеристичного рівняння (метод Данилевського).	2	1
Л1.3	Спектр оператора. Спряжені, самоспряжені, симетричні, додатково визначені, цілком неперервні оператори та їх спектральні властивості. Знаходження власних значень (методи Рітца, Бубнова-Гальоркіна, найменших квадратів).	1	1
Л1.4	Прямі та інтеграційні методи розв'язування систем лінійних рівнянь з повними матрицями та матрицями спеціального виду для динаміки класичних та квантових систем.	2	1
Л1.5	Застосування методів регуляризації, мінімізації згладжуючого функціоналу та ітераційних методів до розв'язування вироджених, несумісних та погано обумовлених систем лінійних алгебраїчних рівнянь.	1	1
Л1.6	Чисельна інтерполяція та диференціювання. Загальні властивості ортогональних систем многочленів. Многочлени Лежандра і Чебишева, їх властивості та застосування.	2	1
Л1.7	Спеціальні функції математичної фізики. Класичні ортогональні поліноми. Елементи теорії гіпергеометричних функцій: визначення та властивості.	1	1
Л1.8	Чисельне інтегрування. Задача оптимізації квадратури. Багатовимірні інтерполяційні, симетричні квадратурні формули.	1	1
Л1.9	Математичні основи теорії інтегральних (інтегро-диференціальних) рівнянь. Інтегральні рівняння Фредгольма: поглиблений розгляд.	2	1
Л1.10	Аналітичні властивості функції Гріна. Рівняння Гельмгольца і Шредінгера. Рівняння Гельмгольца в необмеженій області. Рівняння математичної фізики у частинних похідних вищих порядків.	1	1
ЗМ-Л2	Обчислювальні методи розв'язання крайових задач для рівнянь динаміки класичних та квантових систем. Чисельні методи в задачах моделювання турбулентності, регулярної та стохастичної динаміки, хаосу. Методи теорії самоузгодженого поля.	15	10
Л2.1	Варіаційне числення. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні. Чисельні методи, що використовуються у розв'язанні задач теплообміну.	2	1

Код	Назви змістовних модулів та перелік тем лекційних занять	Кількість годин	
		Аудиторні	Самост. робота
Л2.2	Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними другого порядку. Оптимізація нульового наближення теорії збурень та чисельна оцінка поправок вищих порядків. Калібровочно-інваріантні схеми.	2	1
Л2.3	Чисельні методи в задачах моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси.	1	1
Л2.4	Чисельні методи, що використовуються в задачах моделювання турбулентності, регулярної та стохастичної динаміка та хаосу.	1	1
Л2.5	Чисельні методи у фрактальній геометрії та теорії хаосу. Властивості фрактальних множин. Чисельні алгоритми обчислення спектру фрактальних розмірностей, топологічних та динамічних інваріантів класичних та квантових систем.	2	1
Л2.6	Чисельні основи формалізму теорії збурень (для вироджених та невиражених станів). Секулярна теорія збурень.	1	1
Л2.7	Чисельні методи розв'язання рівнянь динаміки квантових систем. Чисельні алгоритми методів теорії самоузгодженого поля, наближених методів модельного потенціалу, квантового дефекту, Томаса-Фермі та функціонала густини.	2	1
Л2.8	Метод багаточастинкової теорії збурень з Хартрі-Фоковським (Дірак-Фоковським) нульовим наближенням. Чисельні основи релятивістської (КЕД) багаточастинкової теорії збурень в задачах квантової геометрії, механіки, динаміки. Елементи Фейнманівської діаграмної техніки.	1	1
Л2.9	Теорія розв'язання рівнянь Хартрі-Фоку для електронів в атомах, молекулах, кристалах. Алгебраїчна проблема власних значень для рівнянь динаміки квантових систем.	2	1
Л2.10	Математичні основи теорії міжелектронних кореляцій (ефекти поляризаційної взаємодії, екранувальні ефекти, ітерації масового оператора).	1	1
Разом:		30	20

Консультації проводить професор Глушков О.В. щопонеділка з 15.00 до 17.00 в ауд. 407, можливі он-лайн консультації через Skype або Wiber; для узгодження часу он-лайн консультацій слід надіслати запит на електронну пошту викладача: glushkovav@gmail.com, math@odeku.edu.ua

2.2. Практичний модуль

Код	Назви змістовних модулів та перелік тем практичних занять	Кількість годин	
		Ауди-торні	Самост. роб.
ЗМ-П1	Чисельні методи алгебри у розв'язанні задач динаміки квантових систем. Математичні основи теорії інтегральних (інтегро-диференціальних) рівнянь. Спеціальні функції математичної фізики.	30	20
П1.1	Динаміка диференціальних рівнянь. Інтегрування лінійних та нелінійних рівнянь другого порядку. Динаміка у фазовій площині. Фазовий портрет маятника та консервативних систем.	2	2
П1.2	Приклади динамічних систем. Елементи теорії катастроф. Катастрофи корозмірності. Динамічні системи та біфуркації.	2	2
П1.3	Обчислення фрактальної розмірності. Кореляційна розмірність.	2	2
П1.4	Визначення фрактальної розмірності на основі узагальнених ентропій. Визначення кореляційної розмірності по часовим рядам.	2	
П1.5	Мультифрактали на фракталах. Співвідношення між мультифрактальним спектром і показниками маси.	2	2
П1.6	Дивні атрактори як мультифрактали. Фрактали та комплексна аналітична динаміка, турбулентності, переносу енергії, маси.	2	
П1.7	Критерії виникнення глобального хаосу. Обчислення часової затримки τ за допомогою автокореляційної функції або взаємної інформації.	2	2
П1.8	Визначення розмірності вкладення dE за методом кореляційної розмірності або алгоритму хибних найближчих сусідніх точок.	2	
П1.9	Вейвлет-аналіз. Визначення та обчислення глобальних розмірностей Ляпунова, розмірності Каплана-Йорка dL , ентропії Колмогорова, середньої межі передбачуваності P_{max} .	2	2
П1.10	Хаос-геометричний підхід до прогнозування нелінійної динаміки хаотичних систем: визначення кількості найближчих сусідніх точок NN для найкращих результатів прогнозу.	2	2
П1.11	Методи нелінійного прогнозу еволюційної динаміки хаотичних систем: нейромережевий алгоритм, алгоритм передбачених траєкторій.	2	
П1.12	Нелінійний аналіз та прогнозування еволюційної хаотичної динаміки економічних, екологічних, нейрофізіологічних та інших систем. Приклади тестування хаосу в часових рядах та нелінійних моделей прогнозування.	2	2
П1.13	Аналіз генерації хаосу в ербієвому одно-кільцевому волоконному лазері.	2	
П1.14	Нелінійний аналіз хаотичних коливань в сітці двох квантових генераторів. Аналіз генерації хаосу в напівпровідникових GaAs / GaAlAs лазерних системах із запізнілим зворотнім зв'язком.	2	2
П1.15	Нелінійна динаміка релятивістської лампи зворотної хвилі (ЛЗХ) в самомодуляційному та хаотичному режимах та її опис на основі методів теорії хаосу. Нелінійна динаміка релятивістської ЛЗХ в автомодуляційному та хаотичному режимах з урахуванням ефектів відбиття хвиль, просторового поля заряду і дисипації.	2	2
ЗМ-КуР	Курсова робота	-	15
	Підготовка до заліку		5
Разом:		30	40

Консультації проводить професор Глушков О.В. щопонеділка з 15.00 до 17.00 в ауд. 407, можливі он-лайн консультації через Skype або Wiber; для узгодження часу он-лайн консультацій слід надіслати запит на електронну пошту викладача: glushkovav@gmail.com, math@odeku.edu.ua

2.3. Самостійна робота

Код	Узагальнені дані по всіх змістових модулях про завдання на самостійну роботу	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	• Самопідготовка до лекцій, опрацювання теоретичного матеріалу за конспектами лекцій і рекомендованими навчальними посібниками, монографічній навчальній літературі, включаючи інформаційні загальноосвітні ресурси;	2	1-7 тижні
	• Виконання завдань на самостійну роботу, підготовка до усного опитування або тестування;	1	
	• Самостійне вивчення з рекомендованого переліку додаткових теоретичних питань, нерозглянутих на лекціях,	1	
	• Виконання запропонованих викладачем додаткових завдань на самостійну роботу з метою поглиблення та закріплення знань, розвитку аналітичних навичок з проблематики навчальної дисципліни.	1	
	• Підготовка до модульної контрольної роботи (обов'язкова)	5	
ЗМ-Л2	• Самопідготовка до лекцій, опрацювання теоретичного матеріалу за конспектами лекцій і рекомендованими навчальними посібниками, монографічній навчальній літературі, включаючи інформаційні загальноосвітні ресурси;	2	8-15 тижні
	• Виконання завдань на самостійну роботу, підготовка до усного опитування;	1	
	• Самостійне вивчення з рекомендованого переліку додаткових теоретичних питань, нерозглянутих на лекціях,	1	
	• Виконання запропонованих викладачем додаткових завдань на самостійну роботу з метою поглиблення та закріплення знань, розвитку аналітичних навичок з проблематики навчальної дисципліни.	1	
	• Підготовка до модульної контрольної роботи (обов'язкова)	5	
ЗМ-П1	• Самопідготовка до практичних занять, повторення раніше вивченого теоретичного матеріалу;	4	1-7 тижні
	• Виконання завдань на самостійну роботу, у тому числі розв'язування окремих задач і прикладів, проведення типових розрахунків за даними, отриманими на практичних заняттях, підготовка до презентації результатів;	4	
	• Підготовка до усного опитування або тестування, перевірки практичних робіт у форматі взаємного оцінювання та обґрунтованих висновків;	4	
	• Розв'язування додаткових задач за тематикою практичних занять.	3	
	• Підготовка до модульної контрольної роботи (обов'язкова)	5	
ЗМ-КуР	• Виконання етапів курсової (дослідницької) роботи згідно завдання, виданого викладачем;	10	8-12 тижні
	• Підготовка до захисту курсової роботи.	5	12-13 тижні
ОКР	• Підготовка до залікової контрольної роботи.	5	14-15 тижень
Разом:		60	

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ АСПІРАНТІВ

3.1. Загальні повчання

Самостійна робота є основним засобом засвоєння здобувачем вищої освіти навчального матеріалу дисципліни «Обчислювальні методи оптики та динаміки квантових та лазерних систем» в поза аудиторний час, що регламентується навчальним планом.

Базова (обов'язкова) самостійна робота аспіранта включає:

- самопідготовку до лекційних та практичних занять;
- опрацювання нового та повторення раніше вивченого теоретичного матеріалу;
- виконання завдань на самостійну роботу: підготовка інформаційного повідомлення в усній та письмовій формі, складання опорного конспекту, графічне представлення матеріалу (складання схем, рисунків, графіків, діаграм), складання тестів та еталонних відповідей до них, створення матеріалів презентацій, проведення типових розрахунків за даними, отриманими на практичних заняттях;

- підготовку до усного опитування або тестування;
- підготовку до заліку (залікової контрольної роботи).
- виконання курсової роботи та підготовку до її захисту;
- підготовку до залікової контрольної роботи.

Додаткова самостійна робота спрямована на поглиблення та закріплення знань здобувачів освіти, розвиток їх аналітичних навичок з проблематики навчальної дисципліни. Невичерпний перелік заходів може включати:

- самостійне вивчення з рекомендованого переліку додаткових теоретичних питань, нерозглянутих на лекціях;
- розв'язування додаткових задач за тематикою практичних занять;
- виконання творчих аналітично-розрахункових робіт;
- аналіз наукової публікації за визначеною викладачем темою;
- аналіз наукових матеріалів по заданій темі зі складанням схем та моделей на підставі отриманих результатів;
- поглиблений аналіз науково-методичної літератури (підготовка рецензій, анотацій на статтю або посібник, складання анотованого списку статей із відповідних журналів по галузі знань, складання глосарія по конкретній темі, аналітичний звіт з побудови наукової гіпотези за обраною аспірантом тематикою дослідження та ін.);
- пошук додаткових матеріалів, які можуть бути використані для написання курсової (дослідницької) роботи.

Самостійна робота над засвоєнням навчального матеріалу з дисципліни може виконуватися у бібліотеці, читальних залах бібліотеки Одеського державного екологічного університету, навчальних кабінетах, комп'ютерних класах, у домашніх умовах, у тому числі з використанням технологій дистанційного навчання та інтернет ресурсів. Перелік навчально-методичних матеріалів разом з рекомендованою науковою та фаховою монографічною й періодичною літературою, необхідний для забезпечення самостійної роботи аспірантів, наведено у пункті 5. Здобувач освіти в ході самостійної роботи може:

- самостійно визначати рівень (глибину) опрацювання змісту матеріалу;
- самостійно опрацьовувати додаткові теми і питання;
- пропонувати свої варіанти організаційних форм самостійної роботи;
- використовувати для самостійної роботи методичні та навчальні посібники та інші інформаційні ресурси понад запропонованого переліку;
- здійснювати самоконтроль результатів самостійної роботи (власними методами або запропонованими викладачем).

Навчальний матеріал дисципліни, передбачений для засвоєння аспірантами у процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль разом із навчальним матеріалом, який було опрацьовано під час проведення навчальних занять. Загальна кількість годин самостійної роботи, яка надається аспіранту для засвоєння навчального матеріалу дисципліни, становить 60 годин.

3.1.1 Модуль ЛІ, ПІ. Чисельні методи алгебри у розв'язанні задач динаміки квантових систем. Математичні основи теорії інтегральних (інтегро-диференціальних) рівнянь. Спеціальні функції математичної фізики.

3.1.1.1 Повчання

Розглядають наступні питання:

Чисельні методи алгебри у розв'язанні задач динаміки квантових систем. Математичні основи теорії інтегральних (інтегро-диференціальних) рівнянь. Спеціальні функції математичної фізики. Поглиблена теорія наближених методів розв'язування задач динаміки класичних та квантових систем. Питання оптимізації методів комп'ютерного розв'язування задач динаміки. Чисельні методи алгебри.

Найявне навчально-методичне забезпечення:

1. Глушков О.В. Нові методи математичного моделювання в задачах конструктивної географії, гідрометеорології та екології. - Одеса: ТЕС. - 2014. - 405С.
2. Глушков О.В. Атом в електромагнітному полі. - Київ: КНТ, 2006.
3. Глушков О.В. Релятивістська квантова теорія. Квантова механіка атомних систем. - Одеса: Екологія, 2008.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

3.1.1.2 Питання до самоперевірки

1. Чисельні методи знаходження власних значень та власних векторів матриці. Ітераційний метод.
2. Чисельні методи, що використовуються в задачах моделювання турбулентності, регулярної та стохастичної динаміки та хаосу.
3. Чисельна інтерполяція та диференціювання.
4. Загальні властивості ортогональних систем многочленів.
5. Многочлени Лежандра і Чебишева, їх властивості та застосування.
6. Метод знаходження коефіцієнтів характеристичного рівняння (метод Данилевського).
7. Чисельне інтегрування. Задача оптимізації квадратури.
8. Багатовимірні інтерполяційні, симетричні квадратурні формули.
9. Теорія розв'язання рівнянь Хартрі-Фоку для електронів в атомах, молекулах, кристалах.
10. Алгебраїчна проблема власних значень для рівнянь динаміки квантових систем.

3.1.2 Модуль Л2. Обчислювальні методи розв'язання крайових задач для рівнянь динаміки класичних та квантових систем. Чисельні методи в задачах моделювання турбулентності, регулярної та стохастичної динаміки, хаосу. Методи теорії самоузгодженого поля.

3.1.2.1 Повчання

Розглядають наступні питання:

Обчислювальні методи розв'язання крайових задач для рівнянь динаміки класичних та квантових систем. Чисельні методи в задачах моделювання турбулентності, регулярної та стохастичної динаміки, хаосу. Методи теорії самоузгодженого поля. Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними другого порядку. Оптимізація нульового наближення теорії збурень та чисельна оцінка поправок вищих порядків. Калібровочно-інваріантні схеми.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Глушков О.В. Нові методи математичного моделювання в задачах конструктивної географії, гідрометеорології та екології. - Одеса: ТЕС. - 2014. - 405С.
2. Глушков О.В. Атом в електромагнітному полі. - Київ: КНТ, 2006.
3. Глушков О.В. Релятивістська квантова теорія. Квантова механіка атомних систем. - Одеса: Екологія, 2008.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

3.1.2.2 Питання до самоперевірки

1. Варіаційне числення.
2. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні.
3. Чисельні методи, що використовуються у розв'язанні задач теплообміну.
4. Чисельні методи в задачах моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси.
5. Чисельні методи у фрактальній геометрії та теорії хаосу.
6. Властивості фрактальних множин.
7. Чисельні алгоритми обчислення спектру фрактальних розмірностей, топологічних та динамічних інваріантів класичних та квантових систем.
8. Чисельні основи формалізму теорії збурень (для вироджених та невиражених станів). Секулярна теорія збурень
9. Метод багаточастинкової теорії збурень з Хартрі-Фоківським (Дірак-Фоківським) нульовим наближенням.
10. Чисельні основи релятивістської (КЕД) багаточастинкової теорії збурень в задачах квантової геометрії, механіки, динаміки.

3.2. Рекомендований перелік додаткових теоретичних питань для самостійного вивчення

1. Метод скалярних добутків знаходження максимального власного значення симетричної матриці.
2. Метод теорії збурень в задачах знаходження власних значень та власних векторів.
3. Задачі на власні значення для диференціальних рівнянь. Ермітово-спряжені крайові задачі.
4. Чебишевські одно-крокові (тричленні) ітераційні методи.
5. Методи спряжених градієнтів розв'язування лінійних систем і спектральних задач.
6. Кусково-визначені апроксимації функцій методу скінчених елементів, їх властивості та застосування.
7. Методи спуску для пошуку екстремуму функціоналів.
8. Рівняння Бесселя і циліндричні функції. Сферичні функції. Поліноми та приєднані поліноми Лежандра.
9. Удосконалені методи Неймана, Фредгольма. Поняття про діаграмну техніку.
10. Рівняння Вольтера: поглиблений розгляд.
11. Функція Гріна звичайного диференціального оператора.
12. Нелінійні двохкрапкові крайові задачі. Метод кінцевих елементів.
13. Ламінарні режими природної і змішаної конвекції плин у прикордонному шарі у межах рівнянь параболічного типу.
14. Чисельне моделювання подовжньої дифузії та розв'язання відповідних рівнянь еліптичного типу.
15. Чисельні моделі для опису основних властивостей турбулентних плинів.

3.3. Вказівки з виконання курсової (дослідницької) роботи

Окремою складовою самостійної роботи з дисципліни «Обчислювальні методи оптики та динаміки квантових та лазерних систем» є виконання курсової (дослідницької) роботи та підготовка до її захисту. Курсова робота - один із видів індивідуальних завдань навчально-дослідницького та творчого характеру, який має на меті не лише поглиблення, узагальнення і закріплення знань аспірантів з навчальної дисципліни, а й застосування їх при проведенні власного наукового дослідження і вироблення вміння самостійно працювати з навчальною і науковою літературою, електронно-обчислювальною технікою та іншим обладнанням, використовуючи сучасні інформаційні засоби та технології.

Вибір теми курсової роботи (проекту) здобувач освіти здійснює на початку вивчення дисципліни протягом перших трьох тижнів семестру. Аспіранту надається право вільного вибору теми роботи із запропонованого переліку. також він може запропонувати власну тему курсової роботи за умови письмового погодження із науковим керівником, обґрунтувавши своє рішення належним чином і враховуючи, що запропонована тема повинна бути актуальною і відповідати професійному спрямуванню дисципліни.

Курсова робота є окремою заліковою одиницею навчальної дисципліни і оцінюється як самостійний вид навчальної діяльності аспіранта. Виконання курсової роботи передбачає розробку розрахунково-пояснювальної записки, графічного, ілюстративного матеріалу, та є творчим рішенням конкретної задачі щодо застосування чисельних методів алгебри у розв'язанні задач динаміки квантових систем, виконаним аспірантом самостійно згідно із завданням під керівництвом викладача, на основі набутих з даної та суміжних дисциплін знань та умінь.

Процес написання курсової роботи включає послідовність певних етапів, які проходить здобувач вищої освіти самостійно і під керівництвом викладача: складання календарного плану; підбір, вивчення та аналіз літератури з досліджуваної теми; написання тексту теоретичної частини курсової роботи; аналіз експериментального матеріалу та узагальнення практичних

досліджень; аналіз отриманих результатів, їх інтерпретація та формулювання висновків; оформлення тексту курсової роботи і підготовка до захисту, у тому числі отримання рецензії на курсову роботу.

Термін подання завершеної курсової роботи – не пізніше ніж за два тижні до захисту. Захист курсових робіт (проектів) відбувається до початку екзаменаційної сесії.

3.3.1. Перелік тем курсових (дослідницьких) робіт

1. Чисельні методи розв'язання рівнянь динаміки квантових систем (Шредінгера, Дірака, Клейна-Гордона-Фока). ([1], с. 6-52)
2. Чисельні алгоритми методів теорії самоузгодженого поля (Хартрі-Фока, Хартрі-Слетера, Х-метод, Дірака-Фока, Дірака-Кона-Шема). ([1], с. 56-97)
3. Чисельні алгоритми наближених методів модельного потенціалу, квантового дефекту, Томаса-Фермі та функціонала густини. ([1], с. 97-150)
4. Релятивістське рівняння Дірака для електрона у зовнішньому полі: Чисельне розв'язання. ([1], с.97-150)
5. Метод багаточастинкової теорії збурень з Хартрі-Фоківським (ді-рак-фоківським) нульовим наближенням. ([1], с. 151-208)
6. Чисельні основи релятивістської (КЕД) багаточастинкової теорії збурень в задачах квантової геометрії, динаміки. ([2], с. 4-62)
7. Теорія розв'язання рівнянь Хартрі-Фоку для електронів в атомах, молекулах, кристалах. ([2], с. 63-141)
8. Математичні основи теорії міжелектронних кореляцій (ефекти поляризаційної взаємодії, екранувальні ефекти, ітерації масового оператора). ([2], с. 158-204)
9. Функція Гріна рівняння Дірака з несингулярним потенціалом та комплексною енергією. ([1], с. 239-293)
10. Функція Гріна рівняння Шредінгера з сингулярним потенціалом та комплексною енергією. ([3], с. 5-67)
11. Чисельні методи в задачах моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси. ([3], с. 68-126)
12. Чисельне моделювання подовжньої дифузії та розв'язання відповідних рівнянь еліптичного типу. ([3], с. 126-174)
13. Чисельні методи, використовувані в задачах моделювання турбулентності, регулярної та стохастичної динаміки та хаосу. ([1], с. 305-371)
14. Чисельні методи у фрактальній геометрії та теорії хаосу. Властивості фрактальних множин. ([3], с. 181-229)
15. Чисельні алгоритми обчислення спектру фрактальних розмірностей, топологічних та динамічних інваріантів класичних та квантових систем. ([2], с. 206-287)

Захист курсової роботи проводиться перед комісією, яка складається з двох викладачів кафедри, та за участю керівника курсової роботи. Перед допуском до захисту аспіранта текст електронної версії курсової роботи обов'язково перевіряється на оригінальність за допомогою доступного веб-сервісу перевірки із встановленням частки (відсоткового показника) оригінального тексту.

Для курсової роботи рекомендуються наступні показники оригінальності:

- понад 85 % – текст вважається оригінальним;
- від 75 до 85 % – оригінальність задовільна;
- від 60 до 75 % – матеріал може бути прийнятий до розгляду після доопрацювання та перевірки наявності посилань для цитованих фрагментів;
- менше 60 % – матеріал до розгляду не приймається.

Оцінка за виконання та захист курсової (дослідницької) роботи визначається відповідно до методики, викладеної у пункті 4.

4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ ЗАХОДІВ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

4.1. Політика навчальної дисципліни

Загальна політика	• здобувач освіти зобов'язаний: відвідувати аудиторні заняття згідно розкладу, не спізнюватися; на заняттях дотримуватися етики поведінки, на лекціях бажано виключати телефони; своєчасно виконувати всі види робіт, передбачені програмою навчальної дисципліни; • під час практичних занять здобувач освіти має можливість використовувати власні цифрові носії інформації із доступом в мережу Інтернет, а також здійснювати пошук інформації на гугл-диску викладача з його дозволу; • здобувач освіти має право отримати від викладача вичерпну інформацію щодо оцінювання його роботи, у тому числі оцінки за усну або письмову відповідь під час контрольних заходів; • на останньому занятті з дисципліни викладач повідомляє загальну суму балів, яку здобувач освіти отримав за результатами всіх видів поточного контролю, що обчислюється як накопичувальна сума складових поточного контролю; • викладач заздалегідь доводить до відома здобувачів освіти час об'яви результатів підсумкового контролю; • теми, які виносяться на самостійне опрацювання і не входять до тем аудиторних навчальних занять, оцінюються під час підсумкового контролю; • вивчення дисципліни з використанням технологій дистанційного навчання передбачено у випадку форс мажорних обставин, а також у разі інклюзивного навчання здобувачів освіти з вадами опорно рухового апарату; • підсумковий семестровий контроль здобувачів освіти може здійснюватися з використанням технологій дистанційного навчання – системи е-навчання університету; • з метою контролю виконання завдань заліку в дистанційній формі викладач має право протягом усього заходу користуватись засобами інформаційно-комунікаційного зв'язку, які дозволяють ідентифікувати здобувача освіти (Zoom, Google Meet, Skype, Viber тощо).
Правила стосовно зарахування пропущених занять	• допускається вільне відвідування аспірантами лекційних занять, відвідування практичних занять є обов'язковим; • ліквідація заборгованості з практичної частини навчальної дисципліни здійснюється за графіком, який оприлюднюється протягом двох робочих днів після закінчення занять у семестрі; • ліквідація заборгованості протягом заліково-екзаменаційної сесії дає можливість отримати допуск до семестрового контролю.
Правила щодо порушення термінів	• роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку; • якщо обов'язкові заходи, які підлягають контролю, виконуються здобувачем освіти після строків, визначених у програмі навчальної дисципліни, кількість балів, що може отримати студент, не може перевищувати 60% від максимально можливої для цієї форми контролю.
Політика щодо призначення заохочувальних та штрафних балів	• здобувачам освіти можуть нараховуватися: • <i>заохочувальні (додаткові) бали:</i> «+0,5 бали» - за доповнення до виступу, суттєві запитання до доповідачів, вміння аргументовано висловлюють свої думки, творче опрацювали всіх питань лекції та зразкове ведення опорного конспекту; «+1 бал» - за підготовку творчої роботи (завдання, презентації); • <i>штрафні бали:</i>

	«-1 бал» - за пропуск практичного заняття. «-0,5 бали» - за невчасну здачу звіту практичної роботи (етапу курсової роботи); • мінімальна оцінка виконання змістового модуля після зниження не може бути нижча 60% від максимально можливої.
Політика щодо академічної доброчесності	• оцінювання усних повідомлень, практичних робіт та індивідуальних завдань, самостійної роботи, результатів виконання тестових завдань та ін. здійснюється з позицій дотримання академічної доброчесності; • усі письмові роботи перевіряються на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 25%; • під час семестрового контролю здобувачу освіти дозволяється користуватись довідниками та іншими джерелами інформації, перелік яких встановлюється викладачем; використання носіїв інформації, що не передбачені встановленим переліком, а також спілкування з іншими особами, у тому числі й за допомогою технічних засобів зв'язку, є підставою для виставлення здобувачу освіти у відомості оцінки «не зараховано» (FX, F); списування під час проведення контрольних заходів, у тому числі за допомогою мобільних пристроїв, заборонено.

4.2. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання

4.2.1. Види контролю

Контрольні заходи з навчальної дисципліни «Обчислювальні методи оптики та динаміки квантових та лазерних систем» включають поточний та підсумковий контроль.

1. Поточний контроль здійснюється протягом семестру і включає:

- Усне опитування під час практичних занять на початку заняття з метою з'ясування рівня готовності здобувачів освіти до виконання завдань практичної роботи;
- Спостереження за роботою протягом заняття з подальшою оцінкою активності здобувачів освіти у процесі заняття, внесених ними пропозицій, оригінальних рішень, уточнень і визначень, доповнень відповідей попередніх доповідачів і т.п.;
- Письмове опитування після виконання завдань практичної роботи шляхом розв'язання проблемних питань письмово, розроблених у декількох варіантах (відповіді на проблемні питання можна включити в звіт про виконання роботи замість висновків);
- Перевірка індивідуальних звітів з виконаної роботи;
- Модульну контрольну роботу, яка включає 10 тестових запитань відкритого типу. Правильна відповідь на кожне з запропонованих запитань оцінюється у 2 бала. Таким чином, максимальна оцінка за модульну контрольну роботу складає 20 балів.
- Поточний контроль виконання етапів курсової роботи.

2. Підсумковий контроль проводиться у формі семестрового заліку.

Умови допуску до підсумкового семестрового контролю:

- здобувач освіти вважається допущеним до семестрового контролю з навчальної дисципліни (семестрового заліку), якщо він виконав всі види робіт, передбачених програмою навчальної дисципліни, і набрав необхідну суму балів по заходах поточного контролю згідно з Положенням про проведення підсумкового контролю знань студентів: на останній день семестру інтегральна сума балів поточного контролю є достатньою (не менше 20 балів з теоретичної та не менше 30 балів з практичної частини у тому числі успішний захист курсової роботи) для отримання позитивної оцінки; інтегральна кількісна оцінка поточної роботи здобувача освіти обов'язково містить оцінку залікової контрольної роботи; сума балів на заліковій контрольній роботі не менше 50% від максимально можливої.

Інтегральна оцінка (%) поточної роботи здобувача освіти по дисципліні (шкала університету) розраховується за виразом:

$$B = 0,75 \times OЗ + 0,25 \times ОКР,$$

де ОЗ – оцінка роботи студента за змістовними модулями, бали;

ОКР – оцінка залікової контрольної роботи, бали.

4.3. Оцінювання результатів навчання (кількість балів, які можуть отримати здобувачі вищої освіти)

4.3.1. ЗМ-Л1, ЗМ-Л2

Оцінювання лекційних змістових блоків здійснюється на підставі результатів модульних контрольних робіт, які проводяться в кінці освоєння змістових блоків ЗМ-Л1, ЗМ-Л2.

Кількість балів	Змістові блоки		Сума балів
	ЗМ-Л1	ЗМ-Л2	
Max	20	20	40 балів
Min	0	0	0 балів

4.3.2. ЗМ-П1

Оцінювання практичних змістових блоків здійснюється на підставі результатів модульних контрольних робіт, які проводяться в кінці освоєння змістових блоків ЗМ-П1, ЗМ-П2, ЗМ-КуР.

Кількість балів	Змістові блоки	Сума балів
	ЗМ-П1	
Max	20	20 балів
Min	0	0 балів

Оцінюванню під час поточного контролю підлягають всі практичні заняття, передбачені програмою навчальної дисципліни. Критерії оцінки практичних робіт: повнота і своєчасність виконання завдання, акуратність розрахунків.

Виконання практичної роботи оцінюється викладачем з урахуванням активності здобувача освіти на практичному занятті (під час обговорення загальної проблеми, розв'язування завдань) та за результатами перевірки виконання завдань на самостійну роботу.

Матеріал для самостійної роботи, який передбачений в темі практичного заняття, оцінюється одночасно із аудиторною роботою під час поточного контролю теми на відповідному практичному занятті.

4.3.3. ЗМ-КуР

Кількість балів	Оцінка виконання етапів курсової роботи протягом семестру*	Оцінка захисту курсового проекту**	Сума балів
Max	24	16	40 балів
Min	0	0	0 балів

Примітки:

* - оцінюється розкриття змісту та оформлення курсової роботи;

* - оцінюється вміння чітко, зрозуміло та стисло викладати основні результати проведеного дослідження; повнота, глибина, обґрунтованість відповідей на питання членів комісії за змістом роботи; ґрунтовність висновків та рекомендацій щодо практичного використання результатів дослідження.

Підсумкова оцінка виконання змістового модулю з курсової роботи складається з двох частин, на кожну з яких надається відповідна частка балів змістового модулю: оцінка виконання етапів курсової роботи протягом семестру - 60% балів (перша частина); оцінка захисту курсового проекту - щонайбільше 40% балів (друга частина). Критерії оцінки курсової роботи: креативність та оригінальність рішення, відмінність від наявних робіт, акуратність розрахунків, демонстрація презентабельності та комунікативності на захисті.

Курсова робота оцінюється у балах і відсотках і зараховується до загальної оцінки з дисципліни.

4.3.3. Оцінка роботи здобувача освіти за всіма змістовими модулями (ОЗ)

Максимально можлива загальна кількість балів за шкалою університету, яку може отримати здобувач освіти за виконання обов'язкових форм контролю самостійної роботи, має становити 100%.

При визначенні оцінки роботи здобувача освіти беруться до уваги: рівень теоретичної підготовки, вміння творчо застосовувати одержані знання для вирішення практичних завдань; вміння здійснювати необхідні розрахунки та аналізувати інформацію; якість відповіді (обґрунтованість, чіткість, стислість), здатність впевнено та правильно відповідати на теоретичні питання і пояснювати практичні дії, спроможність логічно будувати свій виступ (відповідь), аргументовано відстоювати особисту точку зору; вміння використовувати для обґрунтування своїх рішень останні досягнення науки і техніки; оволодіння методичними навичками. Рекомендується визначити оцінку за результати виконаних робіт, що формують базові знання, вміння та навички, як 75% від максимально можливої.

Змістові блоки	Максимальна кількість балів
ЗМ-Л1	20 балів
ЗМ-Л2	20 балів
ЗМ-П1	20 балів
ЗМ-Кур	40 балів
Всього:	100 балів

4.3.5. Оцінка залікової контрольної роботи (ОКР)

Кількість балів за правильне виконання одного тестового завдання		Кількість тестових завдань	Сума балів	
Max	5		Max	100
Min*	0		Сума балів, за якої залікова контрольна робота вважається виконаною**	≥50
			Min	0

Примітки:

* - нерозбірливо написана, невірна відповідь, її відсутність – 0 балів;

** - сума балів, за якої залікова контрольна робота вважається виконаною, повинна складати не менше 50% від максимально можливої суми балів на заліковій контрольній роботі.

Залікова контрольна робота проводиться у письмовій формі за тестами оцінки знань базової компоненти навчальної дисципліни, які розроблені кафедрою для проведення ректорського контролю залишкових знань здобувачів освіти або підсумкового контролю комісією.

Залікова контрольна робота включає 20 тестових запитань відкритого типу. Правильна відповідь на кожне з запропонованих запитань оцінюється у 5 балів. Таким чином, максимальна оцінка за модульну контрольну роботу складає 100 балів.

Методика розробки тестових завдань викладена в додатку «Форми та принципи конструювання тестових завдань» Інструкції про Порядок проведення та критерії оцінювання відповідей студентів під час письмових іспитів.

4.4. Критерії оцінювання засвоєння навчальної дисципліни

Оцінка		
Шкала університету (%) $B = 0,75 \times O3 + 0,25 \times OKP$	За шкалою ЄКТС	За 2- бальною шкалою
90-100	A	«зараховано»
82-89,9	B	
74-81,9	C	
64-73,9	D	
60-63,9	E	
35-59,9	FX	«не зараховано»
01-34,9	F	

Оцінювання семестрового заліку здійснюється у кількісній та якісній шкалах. Кількісна оцінка (бал успішності) – це відсоток, який становить інтегральна сума балів, отриманих здобувачем освіти на поточних контрольних заходах, відносно максимально можливої суми – 100 балів. Якісна оцінка – це оцінка, яка виставляється на підставі кількісної оцінки (балу успішності) за будь-якою якісною шкалою.

Результати складання заліку оцінюються за шкалою університету (%), за шкалою ЄКТС (A, B, C, D, E, F, FX), а також за двобальною шкалою («зараховано, «не зараховано»).

Процедура проведення семестрового заліку, не передбачає присутність здобувача освіти.

Проведення семестрового заліку полягає в оцінюванні засвоєння здобувачем освіти навчального матеріалу (вмінь та навичок) на підставі інтегральної кількісної оцінки результатів виконання ним видів поточних контрольних заходів та залікової контрольної роботи

Критеріями складання здобувачами освіти заліку є:

- оцінка «зараховано» за 2-бальною шкалою;
- оцінки A, B, C, D, E за шкалою ЄКТС;
- інтегральна оцінка (%) поточної роботи здобувача освіти по дисципліні (шкала університету) $B \geq 60\%$.

Максимальна інтегральна оцінка роботи здобувача освіти протягом семестру має дорівнювати 100%, якщо він на обов'язкових та необов'язкових заходах контролю по усіх змістових модулях отримав сумарно оцінку 100% від максимально можливої і більше.

4.5. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.5.1. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1

1. Наближені методи розв'язування задач динаміки класичних та квантових систем. ([1],с.17-41)
2. Питання оптимізації методів комп'ютерного розв'язування задач динаміки. ([1],с.41-63)
3. Чисельні методи алгебри. ([1],с.64-80)
4. Чисельні методи знаходження власних значень та власних векторів матриці. ([1],с.81-106)
5. Ітераційний метод. ([1],с.106--144)
6. Метод знаходження коефіцієнтів характеристичного рівняння (метод Данилевського). ([1],с.145-173)
7. Знаходження власних значень (методи Рітца, Бубнова-Гальоркіна, найменших квадратів). ([1],с.173-188)
8. Прямі та інтеграційні методи розв'язування систем лінійних рівнянь з повними матрицями та матрицями спеціального виду для динаміки класичних та квантових систем. ([1],с.188-201)
9. Застосування методів регуляризації, мінімізації згладжуючого функціоналу та ітераційних методів до розв'язування вироджених, несумісних та погано обумовлених систем лінійних алгебраїчних рівнянь. ([1],с.201-240)
10. Чисельна інтерполяція ([1],с.240-269)
11. Чисельне диференціювання. ([1],с.270-294)
12. Загальні властивості ортогональних систем многочленів. ([1],с.294-341)
13. Многочлени Лежандра і Чебишева, їх властивості та застосування. ([1],с.294-341)
14. Спеціальні функції математичної фізики. ([1],с.341-365)
15. Класичні ортогональні поліноми. ([1],с.365-370)
16. Елементи теорії гіпергеометричних функцій: визначення та властивості. ([1],с.370-398)
17. Чисельне інтегрування. ([2],с.5-31)
18. Задача оптимізації квадратури. ([2],с.31-49)
19. Багатовимірні інтерполяційні, симетричні квадратурні формули. ([2],с.50-68)
20. Математичні основи теорії інтегральних (інтегро-диференціальних) рівнянь. ([2],с.69-81)

4.5.2. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2

1. Варіаційне числення. ([2],с.82-105)
2. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні([2],с.105-124).
3. Чисельні методи, що використовуються у розв'язанні задач теплообміну. ([2],с.127-141)
4. Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними другого порядку. ([2],с.141-163)
5. Оптимізація нульового наближення теорії збурень та чисельна оцінка поправок вищих порядків. ([2],с.163-186)
6. Калібровочно-інваріантні схеми. ([2],с.187-201)
7. Чисельні методи в задачах моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси. ([2],с.201-233)
8. Чисельні методи, що використовуються в задачах моделювання турбулентності, регулярної та стохастичної динаміка та хаосу. ([2],с.233-256)
9. Чисельні методи у фрактальній геометрії та теорії хаосу. Властивості фрактальних множин.
10. Чисельні алгоритми обчислення спектру фрактальних розмірностей, топологічних та динамічних інваріантів класичних та квантових систем. ([2],с.256-278)
11. Чисельні основи формалізму теорії збурень (для вироджених та невиражених станів). ([2],с.278-299)
12. Секулярна теорія збурень. ([2],с.300-341)
13. Чисельні методи розв'язання рівнянь динаміки квантових систем. ([4],с.6-19)
14. Чисельні алгоритми методів теорії самоузгодженого поля, наближених методів модельного потенціалу, квантового дефекту, Томаса-Фермі та функціонала густини. ([4],с.19-40)
15. Метод багаточастинкової теорії збурень з Хартрі-Фоківським (Дірак-Фоківським) нульовим наближенням. ([4],с.41-61)
16. Чисельні основи релятивістської (КЕД) багаточастинкової теорії збурень в задачах квантової геометрії, механіки, динаміки. ([4],с.61-85)
17. Елементи Фейнманівської діаграмної техніки. ([4],с.86-103)
18. Теорія розв'язання рівнянь Хартрі-Фоку для електронів в атомах, молекулах, кристалах. ([4],с.117-144)
19. Алгебраїчна проблема власних значень для рівнянь динаміки квантових систем. ([4],с.147-165)
20. Математичні основи теорії міжелектронних кореляцій (ефекти поляризаційної взаємодії, екранувальні ефекти, ітерації масового оператора. ([4],с.166-187)

4.5.3. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-ПІ

1. Інтегрування лінійних та нелінійних рівнянь другого порядку. ([3],с.4-20)
2. Динаміка у фазовій площині. ([3],с.21-43)
3. Фазовий портрет маятника та консервативних систем. ([3],с.44-71)
4. Обчислення фрактальної розмірності. Кореляційна розмірність. ([3],с.72-92)
5. Визначення фрактальної розмірності на основі узагальнених ентропій. ([3],с.93-117)
6. Визначення кореляційної розмірності по часовим рядам. ([3],с.117-139)
7. Мультифрактали на фракталах. Співвідношення між мультифрактальним спектром і показниками маси. ([3],с.139-156)
8. Критерії виникнення глобального хаосу. ([3],с.156-172)
9. Обчислення часової затримки τ за допомогою автокореляційної функції або взаємної інформації. ([3],с.172-195)
10. Визначення розмірності вкладення dE за методом кореляційної розмірності або алгоритму хибних найближчих сусідніх точок. ([3],с.196-221)
11. Вейвлет-аналіз. Визначення та обчислення глобальних розмірностей Ляпунова, розмірності Каплана-Йорка dL , ентропії Колмогорова, середньої межі передбачуваності $P_{\max}$. ([3],с.221-249)
12. Хаос-геометричний підхід до прогнозування нелінійної динаміки хаотичних систем. ([5],с.10-42)
13. Визначення кількості найближчих сусідніх точок NN для найкращих результатів прогнозу. ([5],с.47-61)
14. Методи нелінійного прогнозу еволюційної динаміки хаотичних систем: нейромережевий алгоритм, алгоритм передбачених траєкторій. ([5],с.65-81)
15. Нелінійний аналіз та прогнозування еволюційної хаотичної динаміки економічних, екологічних, нейрофізіологічних та інших систем. ([5],с.81-112)
16. Приклади тестування хаосу в часових рядах та нелінійних моделей прогнозування. ([5],с.112-136)
17. Аналіз генерації хаосу в ербієвому одно-кільцевому волоконному лазері. ([5],с.136-168)
18. Нелінійний аналіз хаотичних коливань в сітці двох квантових генераторів. ([6],с.13-45)
19. Аналіз генерації хаосу в напівпровідникових GaAs / GaAlAs лазерних системах із запізнілим зворотнім зв'язком. ([6],с.13-45)
20. Нелінійна динаміка релятивістської ЛЗХ в автомодуляційному та хаотичному режимах з урахуванням ефектів відбиття хвиль, просторового поля заряду і дисипації. ([6],с.69-84)

4.5.4. Тестові завдання до залікової роботи

1. Наближені методи розв'язування задач динаміки класичних та квантових систем. ([1],с.17-41)
2. Питання оптимізації методів комп'ютерного розв'язування задач динаміки. ([1],с.41-63)
3. Чисельні методи алгебри. ([1],с.64-80)
4. Чисельні методи знаходження власних значень та власних векторів матриці. ([1],с.81-106)
5. Ітераційний метод. ([1],с.106--144)
6. Метод знаходження коефіцієнтів характеристичного рівняння (метод Данилевського). ([1],с.145-173)
7. Знаходження власних значень (методи Рітца, Бубнова-Гальоркіна, найменших квадратів). ([1],с.173-188)
8. Прямі та інтеграційні методи розв'язування систем лінійних рівнянь з повними матрицями та матрицями спеціального виду для динаміки класичних та квантових систем. ([1],с.188-201)
9. Застосування методів регуляризації, мінімізації згладжуючого функціоналу та ітераційних методів до розв'язування вироджених, несумісних та погано обумовлених систем лінійних алгебраїчних рівнянь. ([1],с.201-240)
10. Чисельна інтерполяція ([1],с.240-269)
11. Чисельне диференціювання. ([1],с.270-294)
12. Загальні властивості ортогональних систем многочленів. ([1],с.294-341)
13. Многочлени Лежандра і Чебишева, їх властивості та застосування. ([1],с.294-341)
14. Спеціальні функції математичної фізики. ([1],с.341-365)
15. Класичні ортогональні поліноми. ([1],с.365-370)
16. Елементи теорії гіпергеометричних функцій: визначення та властивості. ([1],с.370-398)
17. Чисельне інтегрування. ([2],с.5-31)
18. Задача оптимізації квадратури. ([2],с.31-49)
19. Багатовимірні інтерполяційні, симетричні квадратурні формули. ([2],с.50-68)
20. Математичні основи теорії інтегральних (інтегро-диференціальних) рівнянь. ([2],с.69-81)
21. Варіаційне числення. ([2],с.82-105)
22. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні ([2],с.105-124).
23. Чисельні методи, що використовуються у розв'язанні задач теплообміну. ([2],с.127-141)
24. Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними другого порядку. ([2],с.141-163)
25. Оптимізація нульового наближення теорії збурень та чисельна оцінка поправок вищих порядків. ([2],с.163-186)
26. Калібровочно-інваріантні схеми. ([2],с.187-201)
27. Чисельні методи в задачах моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси. ([2],с.201-233)
28. Чисельні методи, що використовуються в задачах моделювання турбулентності, регулярної та стохастичної динаміка та хаосу. ([2],с.233-256)
29. Чисельні методи у фрактальній геометрії та теорії хаосу. Властивості фрактальних множин.
30. Чисельні алгоритми обчислення спектру фрактальних розмірностей, топологічних та динамічних інваріантів класичних та квантових систем. ([2],с.256-278)
31. Чисельні основи формалізму теорії збурень (для вироджених та невиражених станів). ([2],с.278-299)
32. Секулярна теорія збурень. ([2],с.300-341)
33. Чисельні методи розв'язання рівнянь динаміки квантових систем. ([4],с.6-19)
34. Чисельні алгоритми методів теорії самоузгодженого поля, наближених методів модельного потенціалу, квантового дефекту, Томаса-Фермі та функціонала густини. ([4],с.19-40)

35. Метод багаточастинкової теорії збурень з Хартрі-Фоківським (Дірак-Фоківським) нульовим наближенням. ([4],с.41-61)
36. Чисельні основи релятивістської (КЕД) багаточастинкової теорії збурень в задачах квантової геометрії, механіки, динаміки. ([4],с.61-85)
37. Елементи Фейнманівської діаграмної техніки. ([4],с.86-103)
38. Теорія розв'язання рівнянь Хартрі-Фоку для електронів в атомах, молекулах, кристалах. ([4],с.117-144)
39. Алгебраїчна проблема власних значень для рівнянь динаміки квантових систем. ([4],с.147-165)
40. Математичні основи теорії міжелектронних кореляцій (ефекти поляризаційної взаємодії, екранувальні ефекти, ітерації масового оператора. ([4],с.166-187)

5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література

1. Глушков О.В. Нові методи математичного моделювання в задачах конструктивної географії, гідрометеорології та екології. - Одеса: ТЕС. - 2014. - 405С.
2. Глушков О.В. Атом в електромагнітному полі. - Київ: КНТ, 2006.
3. Глушков О.В. Релятивістська квантова теорія. Квантова механіка атомних систем. - Одеса: Екологія, 2008.
4. 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.
5. 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.

Додаткова література

7. Бахвалов Н.С. Чисельні методи. - М.: Наука, 1977.
8. Білоцерківський О.М., Гуцин В.А., Коньшин В.Н. Метод розщеплення для дослідження течій стратифікованої рідини з вільною поверхнею // Журнал обчислювальної математики і математичної фізики. - 1987. - Т.27, № 4. - С.594-609.
9. Білоцерківський О.М. Пряме чисельне моделювання вільної розвиненою турбулентності // Журнал обчислювальної математики і математичної фізики. - 1985. - Т.25, №12. - С.1856-1882.
10. Березін І.С., Жидков Н.П. Методи обчислень. - М.: Наука, 1972.
11. Варенцова С.А., Волков А.Г., Трофимов В.А. Консервативна різницева схема для задачі поширення фемтосекундного лазерного імпульсу в кубічно-нелінійному середовищі // Журнал обчислювальної математики і математичної фізики. - 2003. - Т.43, №11. - С.1709-1721.
12. Владимиров В.С. Рівняння математичної фізики. - М.: Наука, 1981.
13. Глушков О.В., Сербов М.Г., Хецеліус О.Ю., Дубровська Ю.В., Флорко Т.О. Прикладна математика. - Одеса: ТЕС, 2009.
14. Глушков О.В., Хецеліус О.Ю., Свиначенко А.А., Лобода А.В. Обчислювальні методи динаміки суцільних середовищ. - Одеса: Екологія, 2007.
15. Глушков О.В., Вітавецька Л.А., Хецеліус О.Ю., Лобода А.В., Флорко Т.О. Математичне програмування. - Одеса, ОДЕКУ, 2011. - 98С.
16. Марчук Г.І. Методи обчислювальної математики. - М.: Наука, 1980.
17. Попов В.А. Рішення рівнянь Хартрі-Фока для електронів в кристалі // Журнал обчислювальної математики і математичної фізики. - 1998. - Т.38, №6. - С.978-991.
18. Тихонов В.С., Самарський А.А. Рівняння математичної фізики. - М.: Наука, 1987.
19. 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.