

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

Обчислювальні основи теоретичної механіки класичних систем

(назва навчальної дисципліни)

113 – Прикладна математика

(шифр та назва спеціальності)

Прикладна математика класичних та квантових систем

(назва освітньої програми)

Третій

(рівень вищої освіти)

Денна

(форма навчання)

другий

3

5/150

Залік

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

кафедри вищої та прикладної математики

(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.,

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

Ігнатенко Г.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., Ігнатенко Г.В.	30.08.2019 р., № 1	02.09.2019 р.
Глушков О.В., Хецеліус О.Ю., Свинаренко А.А., Вітавецька Л.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	20
7. Програма блока наукової роботи	27
8. Організація самостійної роботи аспірантів	28
9. Індивідуальні завдання, курсові роботи	29
10. Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю знань аспірантів	31
11. Література.....	34

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		
	3	3	
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 «Обчислювальні основи теоретичної механіки класичних систем» є вибірковою дисципліною у циклі професійної підготовки аспірантів (третій рівень освіти) за спеціальністю 113- Прикладна математика.

Вона спрямована на засвоєння (забезпечення) низки запланованих компетентностей, у т.ч., розробляти принципово нові та удосконалювати існуючі сучасні обчислювальні методи та алгоритми класичної теоретичної механіки (динаміки) систем для аналізу, моделювання та прогнозування властивостей класичних систем.

Місце дисципліни у структурно-логічній схемі її викладання: отримані знання при вивченні даної дисципліни використовуються при написанні дисертаційних робіт, тематика яких пов'язана із розвитком нових обчислювальних методів та алгоритмів класичної теоретичної механіки систем для аналізу, моделювання та прогнозування властивостей класичних систем. Основні поняття дисципліни – це бажаний інструментарій досвідченого фахівця у галузі прикладної математики.

Метою вивчення дисципліни є засвоєння (забезпечення) низки компетентностей, зокрема, оволодіння сучасним апаратом класичної теоретичної механіки (динаміки) систем, здатність розвитку нових та удосконалення існуючих математичних методів аналізу, моделювання та прогнозування регулярної і хаотичної динаміки (еволюції) складних систем.

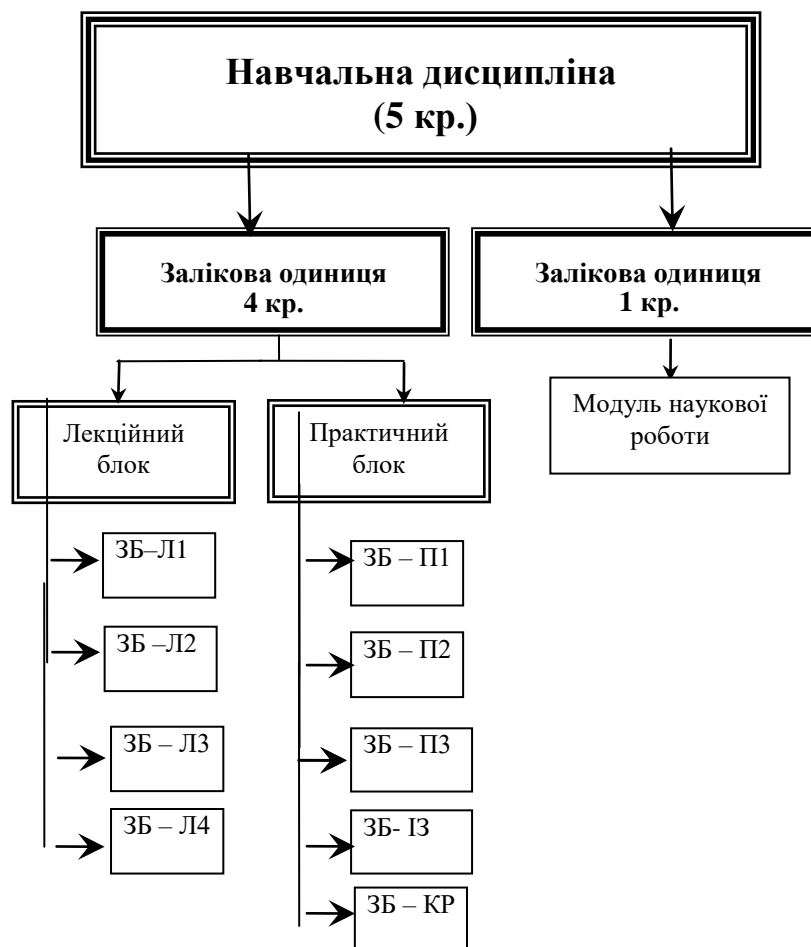
Загальний обсяг навчального часу, що припадає на вивчення дисципліни, становить **150** год. для денної форми навчання та **150** год. для заочної форми навчання.

Після засвоєння цієї дисципліни аспірант повинен уміти використовувати сучасні існуючі або удосконалені, а також розробляти принципово нові обчислювальні методи та алгоритми механіки та динаміки кластичних систем, обчислювальних методів аналізу, моделювання та прогнозування властивостей класичних систем різної фізичної природи.

Вивчення дисципліни «Квантова геометрія і динаміка резонансів» проводиться на другому році навчання (3 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 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	Класифікація математичних моделей та методів математичного моделювання в механіці та динаміці класичних систем	Теорія динамічних систем, дисипативних структур та моделювання природніх процесів Класифікація моделей. Структурна стійкість, лінійність та нелінійність математичних моделей. Математичні моделі та фундаментальні закони природи. Варіаційні принципи. Застосування аналогій при побудові моделей. Ієрархічний підхід до побудови моделей. Класифікація методів математичного моделювання. Чисельні, аналітичні та чисельно-аналітичні методи. Загальна теорія наближених методів та методи оцінки похибок розв'язку прикладних задач. Вступ в теорію коливальних процесів і систем. Взаємозв'язок теорії коливань з нелінійною динамікою, теорією хаосу, синергетикою і теорією дисипативних структур. Динамічні системи: математична модель, фазовий простір, стани рівноваги, стійкість і основи класифікації (центр, вузол, фокус, сідло, седлофокус). Лінійний аналіз стійкості, рівняння в варіаціях. Регулярні та хаотичні атрактори як образи коливань у фазовому просторі системи. Біфуркації і катастрофи. Біфуркації станів рівноваги і гра-	5	4	ПЛЗ		2	12	ПЛЗ	
			5	4	ПУОП	УО			ПУОП	УО
					ПЛЗ				ПЛЗ	УО

		ничних циклів. Нелінійні елементи та нелінійні системи. Мультистабільність і гістерезис, хаотизація коливань - слідства нелінійності динамічних систем.								
ЗБ- Л2	Математичне моделювання класичних систем на основі апарату рівнянь математичної фізики.	. Математичне моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси Математичні моделі природних процесів, які приводяться до рівнянь математичної фізики. Поглиблена класифікація рівнянь (математичної фізики) з частинними похідними другого та вищих порядків. Узагальнений розв'язок крайових задач і задач на власні значення для еліптичних рівнянь у самоспряженій формі. Варіаційні властивості власних значень. Властивості гармонійних функцій (формули Гріна, принципи максимуму, мінімуму). Фундаментальний розв'язок і	5	4	ПЛЗ		2	12	ПЛЗ	УО
			5	4	ПУОП				ПУОП	УО

		функція Гріна для рівняння Лапласа. Варіаційні методи розв'язування крайових задач (Рітца, Гальоркіна, найменших квадратів, операторна теорія збурень). Методи математичного моделювання при розв'язанні задач теплопровідності, дифузії, коливань. Загальна схема поділу змінних для рівнянь гіперболічного типу простої структури. Едвансірований метод Фур'є. Узагальнені розв'язки змішаних задач з однорідними крайовими умовами для рівнянь параболічного та гіперболічного типів, існування, єдність. Одно-та багатомірні задачі щодо моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси. Двовимірний потік випромінювання. Спільна дія теплопровідності, конвекції і випромінювання. Ламінарні режими природної і змішаної конвекції плин у прикордонному шарі у межах рівнянь параболічного типу. Рівняння подовжньої дифузії та розв'язання відповідних рівнянь еліптичного типу.			ПЛЗ				ВЛБ	УО
ЗБ- ЛЗ	Різницеві та варіаційно-різницеві методи розв'язування рівнянь математичної фізики природних процесів	Фундаментальні основи різницевих та варіаційно-різницевих методів розв'язування рівнянь математичної фізики природних процесів. Основні поняття (апроксимація, збіжність, стійкість). Поглиблені методи побудови різницевих схем (поглиблений метод сіток, інтегроінтерполяційний метод, метод апроксимації інтегральних тотожностей), їх застосу-	8	4	ПЛЗ		3	12	ВЛБ	УО
					ПУОП	УО			ВЛБ	УО

		<p>вання для розв'язування крайових задач математичної фізики природних процесів. Метод кінцевих різниць розв'язку крайової задачі теплопровідності. Дивергентні, консервативні різницеві схеми, їх стійкість. Методи побудови проекційно-сіткових схем (метод скінченних елементів, метод зважених залишків), їх застосування до задач математичного моделювання природних процесів. Методи розщеплення багатовимірних нестационарних задач. Нелінійні рівняння теплопровідності та газодинаміки. Теоретичні основи методів розв'язування різницевих рівнянь (Прямі методи прогонки, швидкого перетворення Фур'є, циклічної редукції; послідовної верхньої релаксації, неявні схеми з еквівалентними за спектром операторами, позмінно-трикутний метод, метод спряжених градієнтів, метод розщеплення та змінних напрямків). Теоретичні основи варіаційного числення. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні. Методи теорії збурень. Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними порядку. Операторна теорія збурень Глушкова-Іванова.</p> <p>.</p> <p>.</p>	5	4	ПЛЗ	УО	1			
--	--	---	---	---	-----	----	---	--	--	--

ЗБ- Л4	<p>Фундаментальні основи математичних методів динамічного (гідродинамічного) моделювання механіки та динаміки класичних систем. Ймовірнісно-стохастичні методи. Методи математичного програмування.</p>	<p>Фундаментальні основи методів динамічного (гідродинамічного) моделювання природних процесів. Динамічні рівняння руху ідеальної та в'язкої рідини. Теоретичні основи чисельних методів розв'язання задач гідродинаміки, рівнянь планетарної динаміки атмосфери. Приклади розв'язків рівнянь Ейлера, Нав'є-Стокса, Фоккера-Планка, Шредінгера. Математичне моделювання турбулентності. Приклади застосування методів гідродинамічного моделювання в гідрології, метеорології, агрометеорології, океанології.</p>	5	5	ПЛЗ		3	14	ВЛМ	УО
		<p>Методи імітаційного математичного моделювання. Методи теорії плоского комплексного поля. Ренорм-груповий підхід. Приклад дослідження спектру турбулентності в атмосфері. Фундаментальні основи ймовірнісно-стохастичних методів математичного моделювання природних процесів. Методи Монте-Карло. Чисельні методи математичного і нейромережевого моделювання та програмування. Класифікація моделей і методів розв'язання задач математичного програмування. Методи мінімізації функцій без обмежень (градієнтні методи, методи ньютонівського типу, метод спряжених градієнтів). Задачі лінійного, нелінійного, динамічного, стохастичного програмування.</p>	7	6	ПМКР (ПО)	УО				ПМКР (ПО)

		грамування. Методи нейромережевого програмування.								
Підготовка до заліку				10				10		
Всього			45	45			10	60		

Після вивчення лекційних змістовних блоків студенти мають оволодіти наступними знаннями.

ЗБ-Л1. Класифікація математичних моделей та методів математичного моделювання в механіці та динаміці класичних системи. Теорія динамічних систем, дисипативних структур та моделювання природніх процесів. Класифікація моделей. Структурна стійкість, лінійність та нелінійність математичних моделей. Математичні моделі та фундаментальні закони природи. Варіаційні принципи. Застосування аналогій при побудові моделей. Ієрархічний підхід до побудови моделей. Класифікація методів математичного моделювання. Чисельні, аналітичні та чисельно-аналітичні методи. Загальна теорія наближених методів та методи оцінки похибок розв'язку прикладних задач. Вступ в теорію коливальних процесів і систем. Взаємозв'язок теорії коливань з нелінійною динамікою, теорією хаосу, синергетикою і теорією дисипативних структур. Динамічні системи: математична модель, фазовий простір, стани рівноваги, стійкість і основи класифікації (центр, вузол, фокус, сідло, седлофокус). Лінійний аналіз стійкості, рівняння в варіаціях. Регулярні та хаотичні атрактори як образи коливань у фазовому просторі системи. Біфуркації і катастрофи. Біфуркації станів рівноваги і граничних циклів. Нелінійні елементи та нелінійні системи. Мультистабільність і гістерезис, хаотизація коливань - сліdstва нелінійності динамічних систем.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Tikhonov AN .. Samarskiy AV, Equations of mathematical physics.- Moscow: Nauka, 1989.-690S.
2. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768S.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special functions of mathematical physics. – М.: Nauka. 1978.
4. Landau LD, Lifshitz EM, Theoretical physics. T1. Mekhanika.-M: Nauka, 1987. - 254p.
5. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T6. Hydrodynamics.-M: Nauka, 1989. - 590S.
6. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768P.
7. Bakhvalov NS Numerical methods. - М.: Nauka, 1977.
8. Samarskiy A.A., Theory of difference schemes - Moscow: Nauka, 1977.
9. Samarskiy AA, Mikhailov AP, Mathematical modeling. –М.: Fizmatlit. 2005.-320s.
10. Оборський Г.А., Дащенко О.Ф., Усов А.В., Дмитришин Д.В., Моде-

- лювання систем. - Одеса: Астропринт. 2013. -640с. Глушков О.В., Сербов М.Г., Хецеліус О.Ю., Дубровська Ю.В., Флорко Т.О., Прикладна математика. Одеса, Екологія.-2007.-152с.
11. Глушков О.В., Хецеліус О.Ю., Свинаренко А.А., Обчислювальні методи динаміки суцільних середовищ.- Одеса, Екологія, 2008.-152с
 12. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. – М.: Мир, 1984.
 13. Степаненко С.Н., Математическое моделирование мезомасштабных процессов и явлений в атмосфере. Одесса: Бахва. 2001. – 292 с.
 14. Shchi D., Numerical methods in heat transfer problems.- М: Mir, 1988. - 550S.
 15. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Bayadzhi V.V., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.1. Lecture's Notes Odessa: TEC, 2015.-180P.
 16. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.2. Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.-140P.
 17. Glushkov AV, New methods of mathematical modeling in problems of constructive geography, hydrometeorology and ecology.-Odessa: TES.-2014.-405C.

ЗБ-Л2. Математичне моделювання класичних систем на основі апарату рівнянь математичної фізики. Математичне моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси. Математичні моделі природних процесів, які приводяться до рівнянь математичної фізики. Поглиблена класифікація рівнянь (математичної фізики) з частинними похідними другого та вищих порядків. Узагальнений розв'язок крайових задач і задач на власні значення для еліптичних рівнянь у самоспряженій формі. Варіаційні властивості власних значень. Властивості гармонійних функцій (формули Гріна, принципи максимуму, мінімуму). Фундаментальний розв'язок і функція Гріна для рівняння Лапласа. Варіаційні методи розв'язування крайових задач (Рітца, Гальоркіна, найменших квадратів, операторна теорія збурень). Методи математичного моделювання при розв'язанні задач теплопровідності, дифузії, коливань. Загальна схема поділу змінних для рівнянь гіперболічного типу простої структури. Едвансірований метод Фур'є. Узагальнені розв'язки змішаних задач з однорідними крайовими умовами для рівнянь параболічного та гіперболічного типів, існування, єдність. Одно-та багатомірні задачі щодо моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси. Двовимірний потік випромінювання. Спільна дія теплопровідності, конвекції і випромінювання. Ламінарні режими природної і змішаної конвекції плин у прикордонному шарі у межах рівнянь параболічного типу. Рівняння подовжньої дифузії та розв'язання відповідних рівнянь еліптичного типу.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Tikhonov AN .. Samarskiy AV, Equations of mathematical physics.-Moscow: Nauka, 1989.-690S.
2. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768S.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special functions of mathematical physics. –М.: Nauka. 1978.
4. Landau LD, Lifshitz EM, Theoretical physics. T1. Mekhanika.-М: Nauka, 1987. - 254p.
5. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T6. Hydrodynamics.-М: Nauka, 1989. - 590S.
6. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768P.
7. Bakhvalov NS Numerical methods. - М.: Nauka, 1977.
8. Samarskiy A.A., Theory of difference schemes - Moscow: Nauka, 1977.
9. Samarskiy AA, Mikhailov AP, Mathematical modeling. –М.: Fizmatlit. 2005.-320s.
- 10.Оборський Г.А., Дашенко О.Ф., Усов А.В., Дмитришин Д.В., Моделювання систем. - Одеса: Астропринт. 2013. -640с.Глушков О.В., Сербов М.Г., Хецеліус О.Ю., Дубровська Ю.В., Флорко Т.О., Прикладна математика. Одеса, Екологія.-2007.-152с.
- 11.Глушков О.В., Хецеліус О.Ю., Свинаренко А.А., Обчислювальні методи динаміки суцільних середовищ.- Одеса, Екологія, 2008.-152с
- 12.Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. – М.: Мир, 1984.
- 13.Степаненко С.Н., Математическое моделирование мезомасштабных процессов и явлений в атмосфере. Одесса: Бахва. 2001. – 292 с.
- 14.Shchi D., Numerical methods in heat transfer problems.- М: Mir, 1988. - 550S.
- 15.Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Bayadzhi V.V., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.1. Lecture's Notes Odessa: TES, 2015.-180P.
- 16.Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.2. Lecture's Notes-Odessa: OSENU, 2015.-140P.
- 17.Glushkov AV, New methods of mathematical modeling in problems of constructive geography, hydrometeorology and ecology.-Odessa: TES.-2014.-405C.

ЗБ-ЛЗ. Різницеві та варіаційно-різницеві методи розв'язування рівнянь математичної фізики природних процесів. Фундаментальні основи різницевих та варіаційно-різницевих методів розв'язування рівнянь математичної фізики природних процесів. Основні поняття (апроксимація, збіжність, стійкість). Поглиблені методи побудови різницевих схем (поглиблений ме-

тод сіток, інтегро-інтерполяційний метод, метод апроксимації інтегральних тотожностей), їх застосування для розв'язування крайових задач математичної фізики природних процесів. Метод кінцевих різниць розв'язку крайової задачі теплопровідності. Дивергентні, консервативні різницеві схеми, їх стійкість. Методи побудови проекційно-сіткових схем (метод скінченних елементів, метод зважених залишків), їх застосування до задач математичного моделювання природних процесів. Методи розщеплення багатовимірних нестационарних задач. Нелінійні рівняння теплопровідності та газодинаміки. Теоретичні основи методів розв'язування різницевих рівнянь (Прямі методи прогонки, швидкого перетворення Фур'є, циклічної редукції; послідовної верхньої релаксації, неявні схеми з еквівалентними за спектром операторами, позмінно-трикутний метод, метод спряжених градієнтів, метод розщеплення та змінних напрямків). Теоретичні основи варіаційного числення. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні. Методи теорії збурень. Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними порядку. Операторна теорія збурень Глушкова-Іванова.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Tikhonov AN .. Samarskiy AV, Equations of mathematical physics.- Moscow: Nauka, 1989.-690S.
2. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768S.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special functions of mathematical physics. –M .: Nauka. 1978.
4. Landau LD, Lifshitz EM, Theoretical physics. T1. Mekhanika.-M: Nauka, 1987. - 254p.
5. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T6. Hydrodynamics.-M: Nauka, 1989. - 590S.
6. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768P.
7. Bakhvalov NS Numerical methods. - M .: Nauka, 1977.
8. Samarskiy A.A., Theory of difference schemes - Moscow: Nauka, 1977.
9. Samarskiy AA, Mikhailov AP, Mathematical modeling. –M .: Fizmatlit. 2005.-320s.
10. Оборський Г.А., Дашенко О.Ф., Усов А.В., Дмитришин Д.В., Моделювання систем. - Одеса: Астропринт. 2013. -640с. Глушков О.В., Сербов М.Г., Хецеліус О.Ю., Дубровська Ю.В., Флорко Т.О., Прикладна математика. Одеса, Екологія.-2007.-152с.
11. Глушков О.В., Хецеліус О.Ю., Свиначенко А.А., Обчислювальні методи динаміки суцільних середовищ.- Одеса, Екологія, 2008.-152с
12. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. – М.: Мир, 1984.
13. Степаненко С.Н., Математическое моделирование мезомасштабных процессов и явлений в атмосфере. Одесса: Бахва. 2001. – 292 с.

14. Shchi D., Numerical methods in heat transfer problems.- M: Mir, 1988. - 550S.
15. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Bayadzhi V.V., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.1. Lecture's Notes Odessa: TEC, 2015.-180P.
16. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.2. Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.-140P.
17. Glushkov AV, New methods of mathematical modeling in problems of constructive geography, hydrometeorology and ecology.-Odessa: TES.- 2014.-405C.

ЗБ-Л4. Фундаментальні основи математичних методів динамічного (гідродинамічного) моделювання механіки та динаміки класичних систем. Ймовірно-стохастичні методи. Методи математичного програмування. Фундаментальні основи методів динамічного (гідродинамічного) моделювання природних процесів. Динамічні рівняння руху ідеальної та в'язкої рідини. Теоретичні основи чисельних методів розв'язання задач гідродинаміки, рівнянь планетарної динаміки атмосфери. Приклади розв'язків рівнянь Ейлера, Нав'є-Стокса, Фоккера-Планка, Шредінгера. Математичне моделювання турбулентності. Приклади Застосування методів гідродинамічного моделювання в гідрології, метеорології, агрометеорології, океанології. Методи імітаційного математичного моделювання. Методи теорії плоского комплексного поля. Ренорм-груповий підхід. Приклад дослідження спектру турбулентності в атмосфері. Фундаментальні основи ймовірно-стохастичних методів математичного моделювання природних процесів. Методи Монте-Карло. Чисельні методи математичного і нейромережевого моделювання та програмування. Класифікація моделей і методів розв'язання задач математичного програмування. Методи мінімізації функцій без обмежень (градієнтні методи, методи ньютонівського типу, метод спряжених градієнтів). Задачі лінійного, нелінійного, динамічного, стохастичного програмування. Методи нейромережевого програмування.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Tikhonov AN .. Samarskiy AV, Equations of mathematical physics.- Moscow: Nauka, 1989.-690S.
2. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768S.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special functions of mathematical physics. – M.: Nauka. 1978.
4. Landau LD, Lifshitz EM, Theoretical physics. T1. Mekhanika.-M: Nauka,

1987. - 254p.
5. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T6. Hydrodynamics.-M: Nauka, 1989. - 590S.
 6. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768P.
 7. Bakhvalov NS Numerical methods. - M .: Nauka, 1977.
 8. Samarskiy A.A., Theory of difference schemes - Moscow: Nauka, 1977.
 9. Samarskiy AA, Mikhailov AP, Mathematical modeling. –M .: Fizmatlit. 2005.-320s.
 - 10.Оборський Г.А., Дащенко О.Ф., Усов А.В., Дмитришин Д.В., Моделювання систем. - Одеса: Астропринт. 2013. -640с.Глушков О.В., Сербов М.Г., Хецеліус О.Ю., Дубровська Ю.В., Флорко Т.О., Прикладна математика. Одеса, Екологія.-2007.-152с.
 11. Глушков О.В., Хецеліус О.Ю., Свинаренко А.А., Обчислювальні методи динаміки суцільних середовищ.- Одеса, Екологія, 2008.-152с
 12. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. – М.: Мир, 1984.
 13. Степаненко С.Н., Математическое моделирование мезомасштабных процессов и явлений в атмосфере. Одесса: Бахва. 2001. – 292 с.
 - 14.Shchi D., Numerical methods in heat transfer problems.- M: Mir, 1988. - 550S.
 - 15.Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Bayadzhi V.V., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.1. Lecture's Notes Odessa: TEC, 2015.-180P.
 16. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Methods of computational mathematics and mathematicsl physics, P.2. Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.-140P.
 17. Glushkov AV, New methods of mathematical modeling in problems of constructive geography, hydrometeorology and ecology.-Odessa: TES.- 2014.-405C.

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- ПІ	Математичне моделювання класичних систем на основі апарату рівнянь математичної фізики. Практичні аспекти	Математичне моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси	5	5	ПУОП	УО	1	8	ПУОП	УО
		Математичні моделі природних процесів, які приводяться до рівнянь математичної фізики. Поглиблена класифікація рівнянь (математичної фізики) з частинними похідними другого та вищих порядків. Узагальнений розв'язок крайових задач і задач на власні значення для еліптичних рівнянь у самоспряженій формі. Варіаційні властивості власних значень. Властивості гармонійних функцій (формули Гріна, принципи максимуму, мінімаксу). Фундаментальний розв'язок і функція Гріна для рівняння Лапласа. Варіаційні методи розв'язування крайових задач (Рітца, Гальоркіна, найменших квадратів, операторна теорія збурень). Методи математичного моделювання при розв'язанні задач теплопровідності, дифузії, коливань. Загальна схема поділу змінних для рівнянь гіпербо-	5		ПУОП	УО	1	8	ПУОП	УО

		лічного типу простої структури. Едвансі- рований метод Фур'є. Узагальнені розв'язки змішаних задач з однорідними крайовими умовами для рівнянь параболі- чного та гіперболічного типів, існування, єдність. Одно-та багатомірні задачі щодо моделювання процесів теплообміну, кон- векції, випромінювання, переносу енергії і маси. Двовимірний потік випромінюван- ня. Спільна дія теплопровідності, конвек- ції і випромінювання. Ламінарні режими природної і змішаної конвекції плинину в прикордонному шарі у межах рівнянь па- раболічного типу. Рівняння подовжньої дифузії та розв'язання відповідних рівнянь еліптичного типу.								
ЗБ- П2	Різницеві та варіа- ційно-різницеві ме- тоди розв'язування рівнянь математич- ної механіки (дина- міки) класичних си- стем	Практичні основи різницевих та варіа- ційно-різницевих методів розв'язування рівнянь математичної фізики природних процесів. Основні поняття (апроксимація, збіжність, стійкість). Поглиблені методи побудови різницевих схем (поглиблений метод сіток, інтегро-інтерполяційний ме- тод, метод апроксимації інтегральних то- тожностей), їх застосування для розв'язування крайових задач математич- ної фізики природних процесів. Метод кі- нцевих різниць розв'язку крайової задачі теплопровідності. Дивергентні, консерва- тивні різницеві схеми, їх стійкість. Методи побудови проекційно-сіткових схем (ме-	5	5	ПУОП	УО	2	8	ПУОП	УО УО

		<p>год скінченних елементів, метод зважених залишків), їх застосування до задач математичного моделювання природних процесів. Методи розщеплення багатовимірних нестационарних задач. Нелінійні рівняння теплопровідності та газодинаміки. Теоретичні основи методів розв'язування різницевих рівнянь (Прямі методи прогонки, швидкого перетворення Фур'є, циклічної редукції; послідовної верхньої релаксації, неявні схеми з еквівалентними за спектром операторами, позмінно-трикутний метод, метод спряжених градієнтів, метод розщеплення та змінних напрямків). Теоретичні основи варіаційного числення. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні. Методи теорії збурень. Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними порядку. Операторна теорія збурень Глушкова-Іванова.</p>	5		ПУОП	КР	2	8	ПУОП	
ЗБ- ПЗ	<p>Фундаментальні основи математичних методів динамічного (гідродинамічного) моделювання механіки та динаміки класичних систем ймовірісно-</p>	<p>Практичні основи методів динамічного (гідродинамічного) моделювання природних процесів. Динамічні рівняння руху ідеальної та в'язкої рідини. Теоретичні основи чисельних методів розв'язання задач гідродинаміки, рівнянь планетарної динаміки атмосфери. Приклади розв'язків рівнянь Ейлера, Навьє-Стокса, Фоккера-Планка, Шре-</p>	5	5	ПУОП	УО	2	8	ПУОП	УО

	стохастичні методи. Методи математичного програмування	дінгера. Математичне моделювання турбулентності. Приклади Застосування методів гідродинамічного моделювання в гідрології, метеорології, агрометеорології, океанології. Методи імітаційного математичного моделювання. Методи теорії плоского комплексного поля. Ренорм-груповий підхід. Приклад дослідження спектру турбулентності в атмосфері. Фундаментальні основи ймовірно-стохастичних методів математичного моделювання природних процесів. Методи Монте-Карло. Чисельні методи математичного і нейромережевого моделювання та програмування. Класифікація моделей і методів розв'язання задач математичного програмування. Методи мінімізації функцій без обмежень (градієнтні методи, методи ньютонівського типу, метод спряжених градієнтів). Задачі лінійного, нелінійного, динамічного, стохастичного програмування. Методи нейромережевого програмування.	5		ПМКР	КР	2	10	ПМКР	КР (ПО)
ІЗ1	Індивідуальне завдання		-	5	ПІЗ	ВІЗ	X	10	X	X
КуР1	Курсова (дослідницька) робота КуР		-	10	ПКуР	ВКуР	X	10		
	Всього		30	30			10	70		

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

ЗМ-П1. Математичне моделювання класичних систем на основі апарату рівнянь математичної фізики. Математичне моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси. Математичні моделі природних процесів, які приводяться до рівнянь математичної фізики. Поглиблена класифікація рівнянь (математичної фізики) з частинними похідними другого та вищих порядків. Узагальнений розв'язок крайових задач і задач на власні значення для еліптичних рівнянь у самоспряженій формі. Варіаційні властивості власних значень. Властивості гармонійних функцій (формули Гріна, принципи максимуму, мінімуму). Фундаментальний розв'язок і функція Гріна для рівняння Лапласа. Варіаційні методи розв'язування крайових задач (Рітца, Гальоркіна, найменших квадратів, операторна теорія збурень). Методи математичного моделювання при розв'язанні задач теплопровідності, дифузії, коливань. Загальна схема поділу змінних для рівнянь гіперболічного типу простої структури. Едвансірований метод Фур'є. Узагальнені розв'язки змішаних задач з однорідними крайовими умовами для рівнянь параболічного та гіперболічного типів, існування, єдність. Одно-та багатомірні задачі щодо моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси. Двовимірний потік випромінювання. Спільна дія теплопровідності, конвекції і випромінювання. Ламінарні режими природної і змішаної конвекції плинину в прикордонному шарі у межах рівнянь параболічного типу. Рівняння подовжньої дифузії та розв'язання відповідних рівнянь еліптичного типу.

Найвне навчально-методичне забезпечення:

1. Tikhonov AN .. Samarskiy AV, Equations of mathematical physics.- Moscow: Nauka, 1989.-690S.
2. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768S.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special functions of mathematical physics. –M.: Nauka. 1978.
4. Landau LD, Lifshitz EM, Theoretical physics. T1. Mekhanika.-M: Nauka, 1987. - 254p.
5. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T2. Field theory.-M: Nauka, 1988. - 512S.
6. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T6. Hydrodynamics.-M: Nauka, 1989. - 590S.
7. Shchi D., Numerical methods in heat transfer problems.- M: Mir, 1988. - 550S. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Buyadzhi V.V., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.1.

- Lecture's Notes Odessa: TEC, 2015.-180P.
8. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.2. Lecture's Notes-Odessa: OSENU, 2015.-140P.
 9. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: TEC.-2014.-405С.
 10. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Vitavetskaya L.A., Mathematical Physics of Classical and Quantum Systems, Part 3: Relativistic Quantum Systems".-Lecture's Notes-Odessa: OSENU.-80P.
 11. Глушков А.В. Атом в электромагнитном поле. Численные модели.- Киев: ТНТ, 2006.-450С.

ЗБ-П2. Різницеві та варіаційно-різницеві методи розв'язування рівнянь математичної фізики природних процесів. Фундаментальні основи різницевих та варіаційно-різницевих методів розв'язування рівнянь математичної фізики природних процесів. Основні поняття (апроксимація, збіжність, стійкість). Поглиблені методи побудови різницевих схем (поглиблений метод сіток, інтегро-інтерполяційний метод, метод апроксимації інтегральних тотожностей), їх застосування для розв'язування крайових задач математичної фізики природних процесів. Метод кінцевих різниць розв'язку крайової задачі теплопровідності. Дивергентні, консервативні різницеві схеми, їх стійкість. Методи побудови проекційно-сіткових схем (метод скінченних елементів, метод зважених залишків), їх застосування до задач математичного моделювання природних процесів. Методи розщеплення багатовимірних нестационарних задач. Нелінійні рівняння теплопровідності та газодинаміки. Теоретичні основи методів розв'язування різницевих рівнянь (Прямі методи прогонки, швидкого перетворення Фур'є, циклічної редукції; послідовної верхньої релаксації, неявні схеми з еквівалентними за спектром операторами, позмінно-трикутний метод, метод спряжених градієнтів, метод розщеплення та змінних напрямків). Теоретичні основи варіаційного числення. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні. Методи теорії збурень. Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними порядку. Операторна теорія збурень Глушкова-Іванова.

Найявне навчально-методичне забезпечення:

1. Tikhonov AN .. Samarskiy AV, Equations of mathematical physics.- Moscow: Nauka, 1989.-690S.
2. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768S.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special functions of mathematical physics. –

- М.: Nauka. 1978.
4. Landau LD, Lifshitz EM, Theoretical physics. T1. Mekhanika.-M: Nauka, 1987. - 254p.
 5. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T2. Field theory.-M: Nauka, 1988. - 512S.
 6. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T6. Hydrodynamics.-M: Nauka, 1989. - 590S.
 7. Shchi D., Numerical methods in heat transfer problems.- M: Mir, 1988. - 550S. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Buyadzhi V.V., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.1. Lecture's Notes Odessa: TEC, 2015.-180P.
 8. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.2. Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.-140P.
 9. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: TEC.-2014.-405С.
 10. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Vitavetskaya L.A., Mathematical Physics of Classical and Quantum Systems, Part 3: Relativistic Quantum Systems".-Lecture's Notes-Odessa: OSENU.-80P.
 11. Глушков А.В. Атом в электромагнитном поле. Численные модели.- Киев: ТНТ, 2006.-450С.

ЗБ-ПЗ. Фундаментальні основи математичних методів динамічного (гідродинамічного) моделювання механіки та динаміки класичних систем. Ймовірно-стохастичні методи. Методи математичного програмування. Фундаментальні основи методів динамічного (гідродинамічного) моделювання природних процесів. Динамічні рівняння руху ідеальної та в'язкої рідини. Теоретичні основи чисельних методів розв'язання задач гідродинаміки, рівнянь планетарної динаміки атмосфери. Приклади розв'язків рівнянь Ейлера, Нав'є-Стокса, Фоккера-Планка, Шредінгера. Математичне моделювання турбулентності. Приклади Застосування методів гідродинамічного моделювання в гідрології, метеорології, агрометеорології, океанології. Методи імітаційного математичного моделювання. Методи теорії плоского комплексного поля. Ренорм-груповий підхід. Приклад дослідження спектру турбулентності в атмосфері. Фундаментальні основи ймовірно-стохастичних методів математичного моделювання природних процесів. Методи Монте-Карло. Чисельні методи математичного і нейромережевого моделювання та програмування. Класифікація моделей і методів розв'язання задач математичного програмування. Методи мінімізації функцій без обмежень (градієнтні методи, методи ньютонівського типу, метод спряжених градієнтів). Задачі лінійного, нелінійного, динамічного, стохастичного програмування. Методи нейромережевого програмування.

Наявне навчально-методичне забезпечення:

1. Tikhonov AN .. Samarskiy AV, Equations of mathematical physics.- Moscow: Nauka, 1989.-690S.
2. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768S.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special functions of mathematical physics. – М.: Nauka. 1978.
4. Landau LD, Lifshitz EM, Theoretical physics. T1. Mekhanika.-M: Nauka, 1987. - 254p.
5. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T2. Field theory.-M: Nauka, 1988. - 512S.
6. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T6. Hydrodynamics.-M: Nauka, 1989. - 590S.
7. Shchi D., Numerical methods in heat transfer problems.- M: Mir, 1988. - 550S.Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Buyadzhi V.V., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.1. Lecture's Notes Odessa: TEC, 2015.-180P.
8. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.2. Lecture's Notes- Odessa: OSENU, 2015.-140P.
9. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: TEC.-2014.-405С.
10. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Vitavetskaya L.A., Mathematical Physics of Classical and Quantum Systems, Part 3: Relativistic Quantum Systems”.-Lecture's Notes-Odessa: OSENU.–80P.
11. Глушков А.В. Атом в электромагнитном поле. Численные модели.- Киев: ТНТ, 2006.-450С.

7. ПРОГРАМА БЛОКІВ НАУКОВОЇ РОБОТИ

В умовах організації навчального процесу для аспірантів (третій рівень освіти) модуль «Наукова робота» є окремою принципово івжливою заліковою одиницею. В рамках дисципліни «Квантова геометрія і динаміка резонансів» пропонуються наступні види наукової роботи: участь у написанні і підготовці до друку наукових статей та тез доповідей на міжнародних, вітчизняних наукових конференціях; участь у науководослідних 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
І (3)		10			ПІ	10		
	Разом:	75				130		

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 «Квантова геометрія і динаміка резонансів» 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):

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

1. Узагальнений розв'язок крайових задач і задач на власні значення для еліптичних рівнянь у самоспряженій формі.
2. Варіаційні властивості власних значень.
3. Властивості гармонійних функцій (формули Гріна, принципи максимуму, мінімуму).
4. Фундаментальний розв'язок і функція Гріна для рівняння Лапласа.
5. Варіаційні методи розв'язування крайових задач (Рітца, Гальоркіна, найменших квадратів, операторна теорія збурень).
6. Методи математичного моделювання при розв'язанні задач теплопровідності, дифузії, коливань.
7. Загальна схема поділу змінних для рівнянь гіперболічного типу простої структури.
8. Узагальнені розв'язки змішаних задач з однорідними крайовими умовами для рівнянь параболічного та гіперболічного типів, існування, єдність.
9. Одно-та багатомірні задачі щодо моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси.

10. Моделі, що враховують спільну дію теплопровідності, конвекції і випромінювання.
11. Рівняння подовжньої дифузії та розв'язання відповідних рівнянь еліптичного типу.

Перелік тем курсових (дослідницьких) робіт (КуР).

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

1. Різницеві та варіаційно-різницеві методи розв'язування рівнянь математичної фізики природних процесів.
2. Метод кінцевих різниць розв'язку крайової задачі теплопровідності. Дивергентні, консервативні різницеві схеми, їх стійкість.
3. Методи побудови проекційно-сіткових схем (метод скінченних елементів, метод зважених залишків), їх застосування до задач математичного моделювання природних процесів.
4. Методи розщеплення багатовимірних нестационарних задач.
5. Нелінійні рівняння теплопровідності та газодинаміки.
6. Теоретичні основи методів розв'язування різницевих рівнянь
7. Метод циклічної редукції; послідовної верхньої релаксації,
8. Неявні схеми з еквівалентними за спектром операторами,
9. Метод спряжених градієнтів,
10. Метод розщеплення та змінних напрямків).
11. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні.
12. Методи теорії збурень.
13. Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними порядку.
14. Операторна теорія збурень Глушкова-Іванова.

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 (ВІЗ), 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

Білет (закритого типу) складаються з 10 питань.

Далі наведений перелік питань:

1. Класифікація математичних моделей та методів математичного моделювання в механіці та динаміці класичних системи.
2. Теорія динамічних систем, дисипативних структур та моделювання природніх процесів
3. Класифікація моделей. Структурна стійкість, лінійність та нелінійність математичних моделей.
4. Математичні моделі та фундаментальні закони природи. Варіаційні принципи.
5. Ієрархічний підхід до побудови моделей. Класифікація методів математичного моделювання. Чисельні, аналітичні та чисельно-аналітичні методи.
6. Динамічні системи: математична модель, фазовий простір, стани рівноваги, стійкість і основи класифікації (центр, вузол, фокус, сідло, седлофокус).
7. Лінійний аналіз стійкості, рівняння в варіаціях. Регулярні та хаотичні атрактори як образи коливань у фазовому просторі системи.
8. Біфуркації і катастрофи. Біфуркації станів рівноваги і граничних циклів.
9. Мультистабільність і гістерезис, хаотизація коливань - сліdstва нелінійності динамічних систем.
10. Математичне моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси

11. Математичні моделі природних процесів, які приводяться до рівнянь математичної фізики. Поглиблена класифікація рівнянь (математичної фізики) з частинними похідними другого та вищих порядків.
12. Узагальнений розв'язок крайових задач і задач на власні значення для еліптичних рівнянь у самоспряженій формі.
13. Варіаційні властивості власних значень. Властивості гармонійних функцій (формули Гріна, принципи максимуму, мінімаксу).
14. Фундаментальний розв'язок і функція Гріна для рівняння Лапласа. Варіаційні методи розв'язування крайових задач (Рітца, Гальоркіна, найменших квадратів, операторна теорія збурень).
15. Методи математичного моделювання при розв'язанні задач теплопровідності, дифузії, коливань.
16. Загальна схема поділу змінних для рівнянь гіперболічного типу простої структури. Едвансірований метод Фур'є.
17. Узагальнені розв'язки змішаних задач з однорідними крайовими умовами для рівнянь параболічного та гіперболічного типів, існування, єдність.
18. Одно-та багатомірні задачі щодо моделювання процесів теплообміну, конвекції, випромінювання, переносу енергії і маси. Двовимірний потік випромінювання.
19. Рівняння подовжньої дифузії та розв'язання відповідних рівнянь еліптичного типу.
20. Різницеві та варіаційно-різницеві методи розв'язування рівнянь математичної фізики.
21. Метод кінцевих різниць розв'язку крайової задачі теплопровідності.
22. Дивергентні, консервативні різницеві схеми, їх стійкість. Методи побудови проєкційно-сіткових схем (метод скінченних елементів, метод зважених залишків), їх застосування до задач математичного моделювання природних процесів.
23. Методи розщеплення багатовимірних нестационарних задач. Нелінійні рівняння теплопровідності та газодинаміки.
24. Теоретичні основи методів розв'язування різницевих рівнянь (Прямі методи прогонки, швидкого перетворення Фур'є, циклічної редукції; послідовної верхньої релаксації, неявні схеми з еквівалентними за спектром операторами, позмінно-трикутний метод, метод спряжених градієнтів, метод розщеплення та змінних напрямків).
25. Теоретичні основи варіаційного числення. Метод Гальоркіна і варіаційний метод у кінцево-елементному формулюванні.
26. Методи теорії збурень. Метод теорії збурень у розв'язанні рівнянь з частинними похідними порядку.
27. Методи теорії збурень. Операторна теорія збурень Глушкова-Іванова.
28. Теоретичні основи чисельних методів розв'язання задач гідродинаміки,
29. Математичне моделювання турбулентності.

30. Приклади Застосування методів гідродинамічного моделювання в гідрології, метеорології, агрометеорології, океанології.
31. Методи імітаційного математичного моделювання.
32. Методи теорії плоского комплексного поля.
33. Ренорм-груповий підхід. Приклад дослідження спектру турбулентності в атмосфері.
34. Фундаментальні основи ймовірнісно-стохастичних методів математичного моделювання природних процесів.
35. Методи Монте-Карло.
36. Чисельні методи математичного і нейромережевого моделювання та програмування.

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

1. Tikhonov AN .. Samarskiy AV, Equations of mathematical physics.- Moscow: Nauka, 1989.-690S.
2. Marchuk V.I., Methods of Computational Mathematics.- Moscow: Nauka, 1989. - 768S.
3. Nikiforov A.F., Uvarov V.B. Special functions of mathematical physics. –M.: Nauka. 1978.
4. Landau LD, Lifshitz EM, Theoretical physics. T1. Mekhanika.-M: Nauka, 1987. - 254p.
5. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T2. Field theory.-M: Nauka, 1988. - 512S.
6. Landau LD, Lifshits EM, Theoretical physics. T6. Hydrodynamics.-M: Nauka, 1989. - 590S.
7. Shchi D., Numerical methods in heat transfer problems.- M: Mir, 1988. - 550S.Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Buyadzhi V.V., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.1. Lecture's Notes Odessa: TEC, 2015.-180P.
8. Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Methods of computational mathematics and mathematical physics, P.2. Lecture's Notes-Odessa: OSENU, 2015.-140P.
9. Глушков А.В., Новые методы математического моделирования в задачах конструктивной географии, гидрометеорологии и экологии.- Одесса: TEC.-2014.-405С.
- 10.Glushkov A.V., Khetselius O.Yu., Svinarenko A.A., Vitavetskaya L.A., Mathematical Physics of Classical and Quantum Systems, Part 3: Relativistic Quantum Systems”.-Lecture's Notes-Odessa: OSENU.–80P.
- 11.Глушков А.В. Атом в электромагнитном поле. Численные модели.- Киев: ТНТ, 2006.-450С.