МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні групи забезпечення спеціальності
протокол № 6 від « 17 » _06_ 2021року
Голова групи _____ Герасимов О.І.

УЗГОДЖЕНО
Декан природоохоронного ф-ту
_____ Чугай А.В.
(назва факультету, прізвище, ініціали)

СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни

Екологічна фізика
(назва навчальної дисципліни)

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр та назва спеціальності)

Технології захисту навколишнього середовища
(назва освітньої програми)

бакалавр
(рівень освіти)

денна
(форма навчання)

2	4	6/180	іспит
(рік навчання)	(семестр навчання)	(кількість кредитів ЄКТС/годин)	(форма контролю)

кафедра загальної та теоретичної фізики
(кафедра)

Одеса, 2021 р.

Автори: Герасимов О.І., зав. каф. загальної та теоретичної фізики, д.ф.-м.н., професор; Андріанова І.С., доцент каф. загальної та теоретичної фізики к.ф.-м.н, доцент

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчене звання

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри загальної та теоретичної фізики від «*09*» *червня* 2021 року, протокол №*11*.

Викладачі: лекції – Співак А.Я., ст. викл. каф. загальної та теоретичної фізики, практичні заняття - Співак А.Я., ст. викл. каф. загальної та теоретичної фізики,

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Рецензент: Софронков О.Н., зав. каф. хімії навк. сер., д.техн.н., проф..

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	
Компетентність	К01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. К19. Здатність використовувати фізичні принципи в екології та закони теоретичного опису властивостей систем із складною морфологією, володіння методичною базою екологічної фізики, застосовуючи її до розв'язання задач захисту навколишнього середовища. К20. Здатність застосовувати теоретичні концепції, що базуються на досягненнях фундаментальних наук до моделювання динаміки станів систем довкілля, оцінки та прогнозування наслідків впливу зовнішніх факторів з метою вибору адекватних заходів убезпечення елементів довкілля.
Результат навчання	ПР01. Знати сучасні теорії, підходи, принципи екологічної політики, фундаментальні положення з біології, хімії, фізики, математики, біотехнології та фахових і прикладних інженерно-технологічних дисциплін для моделювання та вирішення конкретних природозахисних задач у виробничій сфері. ПР15. Вміти здійснювати фізичне моделювання кінетичних процесів у задачах довкілля, прогнозування характеру міграції забруднюючих речовин у біосфері.
Базові знання	сучасні методи дослідження складних систем, зокрема базові фізичні моделі, теоретичні та експериментальні підходи до вивчення і моделювання відповідних явищ, що відбуваються у навколишньому середовищі.
Базові вміння	Застосовувати знання відповідних базових принципів та законів загального курсу фізики в розумінні складних фізичних явищ, а також спеціальних дисциплін
Базові навички	Застосовувати теоретичні підходи, які базуються на досягненнях фундаментальних наук до моделювання та оцінки зовнішнього впливу, станів та динаміки елементів довкілля
Пов'язані силлабуси	
Попередні дисципліни	Фізика
Наступні дисципліни	Моделювання в задачах захисту довкілля; радіоекологія
Кількість годин	лекції: 45 год. практичні заняття: 30 год. самостійна робота студентів:105 год. курсова робота

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	***Фізичні явища в масштабах навколишнього середовища та їх фізичний опис.***		
	Тема 1. Фізичні явища в масштабах навколишнього середовища: атмосферні (газодинамічні) явища; фізичні явища у водному середовищі (гідродинамічні явища); геофізичні явища у земній корі.	3	1
	Тема 2. Хвильові процеси у довкіллі. Хвильове рівняння. Звукові та електромагнітні хвилі. Електромагнітне випромінювання. γ-випромінювання.	4	2
	Тема 3. Термодинамічний метод опису процесів у макроскопічних системах. Термодинамічні параметри та термодинамічні функції. Умови термодинамічної стійкості.	4	2
	Тема 4. Статистичний підхід до опису макроскопічних систем. Канонічний та мікроканонічний ансамбль. Принцип ергодичності. Статистична сума. Розподіл Гіббса, Вираз термодинамічних функцій через статистичну суму.	4	2
	Тема 5. Термодинаміка необоротних процесів: локальна рівновага системи; лінійний закон; принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів; закони збереження для чисельної густини частинок, імпульсу, енергії, рівняння балансу ентропії.	6	4
	Тема 6. Нелінійна термодинаміка. Еволюція відкритих систем. Універсальний критерій еволюції Гленсдорфа – Пригожина.	2	1
	Модульна тестова контрольна робота №1		5

ЗМ-Л2	***Екофізика як приклад моделі складної системи, відкритої у навколищньому середовище.*** ***Нерівноважні фазові переходи.*** **Тема 1.** Самоорганізація. Головні риси та принципи. Сінергетика. Предмет та етимологія. **Тема 2.** Теорія стійкості та теорія біфуркацій. **Тема 3.** Структуроутворення в просторово розподілених системах. **Тема 4.** Деякі задачі екології як задачі фізики складних систем. Приклади моделювання задач довкілля. **Тема 5.** Неевклідові об'єкти. Фрактали в фізиці і задачах про довкілля.	2 6 2 8 4	1 3 1 6 2
	Модульна тестова контрольна робота №2		**5**
	Разом	**45**	**35**

Консультації: Співак А.Я.., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: понеділок з 16.05 (ауд.301 (2))

2.2. Практичний модуль

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	Практичний модуль №1. Розв'язування задач за темами лекційних модулів ЗМ-Л1, ЗМ-Л2 Тема 1. Хвильове рівняння. Звукові та електромагнітні хвилі. Поширення електромагнітного випромінювання в довкіллі. Тема 2. Фізика іонізуючого випромінювання у застосуванні до проблем довкілля Тема 3. Термодинамічні параметри та термодинамічні функції.. Ентропія та статистичні функції розподілу. Тема 4. Моделювання еволюції екологічних систем. Тема 5. Планетарний клімат як задача фізики. Тема 6. Дослідження на стійкість гідродинамічних течій. Тема 7. Фрактали в задачах про довкілля.	4 4 4 10 2 4 2	4 4 4 10 2 4 2
ІЗ	КР		20
	Разом:	30	50

Консультації: Співак А.Я.., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: понеділок з 16.05 (ауд.301 (2))

2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин СРС	Строк проведення (семестр, тиждень)
ЗМ-Л1	Підготовка до лекційних занять Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий)	12 5	1-8 тиждень 8 тиждень
ЗМ-Л2	Підготовка до лекційних занять. Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий)	13 5	9-15 тиждень 15 тиждень
ЗМ-П1	Підготовка до практичних занять Підготовка до усного опитування (обов'язковий).	20 10	1-14 тиждень тиждень
ІЗ	Підготовка КР	20	14 тиждень
	Підготовка до іспиту	20	
	Разом:	105	

2.3.1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л1, ЗМ-Л2.

Організація контролю знань студентів побудована за накопичувально-модульним принципом згідно вимог діючого в університеті Положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів».

З *теоретичного* курсу навчальної дисципліни студент повинен бути готовим відповідати на усні запитання лектора під час лекційних занять.

Формами контролю засвоєння теоретичних знань є усне опитування під час лекційних занять (поточний контроль), модульні контрольні роботи за кожним змістовним модулем (внутрішньо семестровий контроль), складання заліку (підсумкова атестація).

Варіанти модульних контрольних робіт містять 25 запитань у тестовому вигляді. Кожна вірна відповідь оцінюється у 1 бал (ЗМ-Л1, ЗМ-Л2). Максимальна кількість балів за виконаний варіант кожної модульної контрольної роботи становіть 25 балів. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати з лекційної частини, складає **50 балів.**

2.3.2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П1 .

Формою контролю практичного модулю ЗМ-П1 є усне опитування під час проведення практичних занять за темами лекційного курсу. До цієї оцінки входить, окрім опитування, оцінювання роботи під час розв'язування задач, систематичність підготовки до занять, систематичність відвідування.

Всього за практичні заняття студент може отримати 25 балів.

2.3.3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для модуля ІЗ (курсової роботи).

Виконання завдань модуля проводиться у вигляді опрацювання, виконання та захисту КР.

Після оформлення курсової роботи студент віддає її викладачеві на перевірку. Студент допускається до захисту курсової роботи після перевірки її викладачем.

Згідно з методикою оцінювання виконання курсового проекту перед допуском до захисту студентів електронні версії наданих текстових документів обов'язково перевіряються на оригінальність із встановленням частки оригінального тексту згідно з п. 2.3 Тимчасового положення про заходи щодо недопущення академічного плагіату в ОДЕКУ.

Максимальна оцінка за виконання модуля ІЗ (КР) дорівнює 25 балам. Підсумкова оцінка виконання модулю з курсової роботи складається з двох частин:

– оцінки виконання етапів курсового проекту протягом семестру згідно завдання, виданого викладачем, та дотриманням чинних вимог до оформлення;

– оцінки захисту курсового проекту (роботи).

На кожну частину надається відповідна частка балів модулю з таким розрахунком, щоб перша частина становила 60% (15 балів), а друга – 40% (10балів).

Курсова робота оцінюється як самостійний вид навчання, і підсумкова оцінка виставляється у кількісній та якісній формі в окремій відомості встановленого зразка.

Загальна максимальна кількість балів з дисципліни «Екологічна фізика», яку студент може отримати за теоретичну та практичну частини, складає 100 балів.

2.3.4. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для семестрового іспиту

Підсумковий семестровий контроль (ПСК) передбачає дві форми оцінювання успішності засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни: кількісна оцінка (бал успішності); якісна оцінка. Кількісна оцінка (бал успішності) – це відсоток, який становить інтегральна сума балів, отриманих студентом на контролюючих заходах, відносно максимально можливої суми балів, яка визначена програмою навчальної дисципліни. Якісна оцінка – це оцінка, яка виставляється на підставі кількісної оцінки (балу успішності) за будь-якою якісною шкалою. В університеті використовуються такі шкали якісних оцінок: – чотирибальна (відмінно, добре, задовільно, незадовільно) – для форми семестрового контролю у вигляді семестрового іспиту (екзамену); – семибальна шкала оцінювання ECTS – використовується за кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Семестровий іспит (екзамен) – це письмова форма підсумкового контролюючого заходу в період заліково-екзаменаційної сесії. Під час екзамену перевіряється засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу (знань, вмінь та навичок, що визначені у силлабусі навчальної дисципліни) з окремої навчальної дисципліни за семестр. Оцінювання успішності виконання студентом цього заходу здійснюється у формі кількісної оцінки (бал успішності). Допуск до іспиту за підсумками модульного накопичувального контролю регламентуються п. 2.4 Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів.

Студент вважається допущеним до ПСК з навчальної дисципліни «Екологічна фізика», якщо він виконав усі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни, і набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимально можливої за практичну частину дисципліни: 25 балів у сумі за змістовні модулі ЗМ-П1 та ІЗ (КР). Кожен студент, який на день іспиту має допуск до ПСК з дисципліни, що закінчується іспитом, складає письмовий іспит (екзамен) за розкладом екзаменів.

Якщо студент на день екзамену не ліквідував заборгованість з практичної частини навчальної дисципліни, він не допускається до екзамену. Якщо студент ліквідував заборгованість по практичній частині до дня екзамену, то він допускається викладачем до екзамену.

Підсумкова контрольна робота (іспит) представляє собою тестові завдання, кожне з яких містить 25 запитань. Максимальна оцінка за результатами підсумкової атестації (іспиту) становить 100 балів.

Загальна оцінка за семестр виводиться як середньоарифметичне за підсумками поточного контролю (з теоретичної та практичної частин) та оцінкою за іспит.

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1. Модуль ЗМ-Л1 «Фізичні явища в масштабах навколишнього середовища та їх фізичний опис ».

3.1.1. Повчання

Тема 1. Фізичні явища в масштабах навколишнього середовища: атмосферні (газодинамічні явища, фізичні явища у водному середовищі (гідродинамічні явища), геофізичні явища у земній корі.

При вивченні теми зверніть увагу на різноманітність природи об'єктів, які є предметом екологічної фізики як міждисциплінарної науки. В той же час можливість моделювання та дослідження процесів еволюції цих різних систем тими самими методами є наслідком їх спільної особливості – відкритості систем. Методи рівноважної та нерівноважної термодинаміки та статистичної фізики є важливим інструментом опису та дослідження фізичних, біофізичних процесів та явищ, що відбуваються у реальних системах, які є відкритими системами.

Література [1, 2, 8, 11, 13,15].

Тема 2. Хвильові процеси у довкіллі. Хвильове рівняння. Звукові та електромагнітні хвилі. Електромагнітне випромінювання. γ– випромінювання.

У природі часто зустрічаються явища, яким в тій чи іншій мірі притаманна періодичність, процеси, в яких деяка система багаторазово відхиляється від положення рівноваги і знов повертається до нього. При вивченні матеріалу слід усвідомити, що подібні процеси допускають однаковий математичний опис за допомогою диференціальних рівнянь того самого виду незалежно від фізичної природи (механічної чи електромагнітної) коливань та хвиль.

При вивченні питання про звукові хвилі зверніть увагу на відповідність між суб'єктивними характеристиками звуку, за якими сприймають звук людські органи слуху, та об'єктивними характеристиками звуку як фізичного явища.

Світлове, електромагнітне та радіаційне випромінювання (в тій частині, що стосується рентгенівського та γ- випромінювання) з фізичного погляду можна віднести до одного типу – електромагнітного. Однак важливо розуміти, що їх слід розрізняти також з точки зору дії, яку вони здійснюють на людину та інші живі істоти. Отже проблема радіаційного забруднення є окремою темою фізики довкілля.

Література [1, 5, 8].

Тема 3. Термодинамічний метод опису процесів у макроскопічних системах. Термодинамічні параметри та термодинамічні функції. Умови термодинамічної стійкості.

При вивченні теми необхідно звернути увагу на ентропію системи як важливий термодинамічний параметр, що характеризує ступінь наближення термодинамічної системи до рівноважного стану; уяснити спосіб введення та фізичний зміст термодинамічних функцій, використання яких дозволяє конкретизувати напрям процесів та визначити умови стійкості термодинамічних систем в окремних випадках, коли залишаються незмінними деякі термодинамічні параметри.
Література [1, 2, 8, 12].

Тема 4. Статистичний підхід до опису макроскопічних систем. Канонічний та мікроканонічний ансамбль. Принцип ергодичності. Статистична сума. Розподіл Гіббса. Вираз термодинамчних функцій через статистичну суму.

При вивченні питань теми необхідно звернути увагу та засвоїти такі поняття, як макроскопічний та мікроскопічний стани системи, фазовий простір, фазова траєкторія, ергодична поверхня, функція розподілу та статистичний ансамбль. Усвідомити різницю між мікроканонічним та канонічним ансамблем (ансамблем Гіббса), поняття статистичного інтеграла та статистичної суми та можливість повного аналізу термодинамічного стану системи за відомою статистичною сумою (статистичним інтегралом).
Література [3, 8, 11, 12].

Тема 5. Термодинаміка необоротних процесів: локальна рівновага системи; лінійний закон; принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів; закони збереження для чисельної густини частинок, імпульсу, енергії; рівняння балансу ентропії.

При вивченні теми перш за все зверніть увагу на відміни у поведінці ентропії в ізольованих та відкритих системах та можливі наслідки цієї обставини. В ізольованих системах завдяки нерівноважним (необоротним) процесам (дифузії, теплопровідності, хімічних реакцій тощо), ентропія може лише зростати, досягаючи максимального значення в стані термодинамічної рівноваги. Це виключає самочинне виникнення впорядкованих утворень, оскільки впорядкованість асоціюється зі зниженням ентропії. У відкритих системах, коли виробництво ентропії супроводжується відтоком її назовні, тобто в систему подається достатньо великий від‘ємний потік ентропії, в ній може виникнути та підтримуватися деяка впорядкована конфігурація ,якій відповідає низьке значення ентропії.. Важливо усвідомити, що термодинамічний стан системи при цьому суттєво нерівноважний, тобто нерівноважність може служити джерелом упорядкованості.

Термодинаміка необоротних процесів, яка є феноменологічною основою вивчення дисипативних процесів у різних системах, спирається на положення, перелічені у назві теми. Отже, вивчення лінійних законів, які описують процеси переносу при невеликих збуреннях в системі, законів збереження, усвідомлення таких понять, як локальна рівновага, потік, термодинамічна сила, співвідношення взаємності Онзагера, виробництво ентропії і т. ін. є необхідним для отримання залежності між інтенсивністю джерела ентропії в системі та різними незворотними процесами, які в ній відбуваються, що є задачею нерівноважної термодинаміки.
Література [1, 2, 8, 12].

Тема 6. Нелінійна термодинаміка. Еволюція відкритих систем. Універсальний критерій еволюції Гленсдорфа-Пригожина.

При вивченні теми слід звернути увагу на поняття стаціонарного стану системи. Усвідомити важливість теореми Пригожина, яка надає критерій напрямку еволюції відкритої системи за знаком похідної від виробництва ентропії за часом. Слід урозуміти

обмеженість цього критерію областю виконання лінійних законів та розглянути універсальний критерій еволюції, який стосується швидкості зміни виробництва ентропії за рахунок зміни тільки термодинамічних сил і не залежить від припущень про характер зв'язків між потоками і силами, тобто є придатним і в нелінійній області.
Література [1, 2, 8, 9, 12,13,14,15].

3.1.2. Питання для самоперевірки

Тема1.
1*. Що таке дисипативна система? Наведіть приклади дисипативних систем.
2*. В основі яких складних масштабних явищ у довкіллі лежить теплова конвекція?
3. За яких умов можна спостерігати виникнення комірок Бенара у тонкому шарі рідини?
4. Що є випадковим, а що строго детермінованим у досліді Бенара?
5. Яка реакція є прикладом самоорганізації в хімії?
6. Чим є порушення просторової та хиральної симетрії у реакції Білоусова-Жаботинського?
7*. Які процеси в екологічних системах є наслідком зовнішнього впливу?
Тема 2.
8*. Запишіть рівняння, що має назву хвильового рівняння? Які процеси, які описують за його допомогою.
9*. Яка залежність від координати та часу є характерною для функцій, які задовольняють одновимірне хвильове рівняння?
10*. Яку природу мають звукові (акустичні) хвилі? Від чого залежить їх швидкість? Як утворюються ударні хвилі?
11*. Порівняйте об'єктивні та суб'єктивні характеристики звуку. Який діапазон частот мають ультра- та інфразвукові хвилі? Яким є їх вплив на живі організми?
12*. Що являють собою електромагнітні хвилі? Їх властивості?
13*.Електромагнітне випромінювання. Який спектр електромагнітних випромінювань техносфери. До якого діапазону частот (довжин хвиль) належать рентгенівські та γ-промені? Як вони впливають на живі організми?
Тема3.
14*.У чому полягає термодинамічний метод опису процесів у макроскопічних системах?
15*.Які термодинамічні параметри та функції використовують для опису термодинамічного стану системи?
16*.Що таке ентропія системи? Які властивості вона має? Як поводить себе у замкнених системах?
17*.Як виглядає II закон термодинаміки для відкритих систем?
18*.Опишіть умови можливого напрямку зміни стану термодинамічної системи та умови її рівноваги при різних обмеженнях, накладених на систему.
Тема 4.
19*. Що таке статистична вага макроскопічного стану? Що таке фазовий простір?
20*. Які системи називаються ергодичними? На який поверхні лежить фазова траекторія?
21*. Що таке статистичний ансамбль? У чому полягає принцип еквівалентності рівноважних ансамблів?
22*. Що враховує і що не враховує канонічний розподіл? Яким рівнянням задається канонічний розподіл? Яким рівнянням задається мікроканонічний розподіл?
23*Який розподіл треба вибрати для визначення термодинамічних властивостей тіла?
24. Як зв'язані вільна енергія і статистичний інтеграл? термодінамичний потенціал і статистичний інтеграл? хімічний потенціал і енергія?
Тема 5.
25*. Що таке відкрита система?
26*. Що розуміють під локальною рівновагою системи? Які її умови повинні виконуватися?
27*. Дайте означення поняттям "потік", "густина потоку", "термодинамічна сила"?

28*. Які процеси переносу вам відомі? Запишіть рівняння (лінійні закони), які їх описують.
29* За якою ознакою процеси переносу поділяють на прямі та непрямі ?
30. У чому полягає принцип Кюрі? принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів (теорема Онзагера)?
31*. Який вигляд мають закони збереження для густини числа частинок, імпульсу, енергії?
32*. Яку величину називають виробництвом ентропії? Який вигляд має рівняння балансу ентропії?

Тема 5.

33*. Чи залишається у відкритих системах тенденція зростання ентропії, чи це притаманно лише замкненим системам?
34*. Який стан системи називається стаціонарним? Чим відрізняється стаціонарний стан від рівноважного?
35*. У чому суть теореми Пригожина? За яких умов вона є справедливою?
36*. Наведіть універсальний критерій еволюції Гленсдорфа – Пригожина.
37. Розкрити фізичний зміст універсального критерію еволюції.

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання – знань, умінь, навичок).

3.2. Модуль ЗМ-Л2 «Екофізика як приклад складної системи, відкритої у навколишньому середовищі. Нерівноважні фазові переходи»

3.2.1. Повчання

Тема 1. Самоорганізація. Головні риси та принципи. Сінергетика. Предмет та етимологія.

При вивченні теми слід усвідомити, що загальним для всіх явищ утворення упорядкованих структур при необоротних процесах у сильно нерівноважних системах є кооперативний (сумісний) рух великих груп молекул, який відображений у терміні «сінергетика». Головним досягненням сінергетичного підходу є те, що в ній обґрунтовуються принципи, які лежать в основі самоорганізації. Ці принципи і є головним змістом теми. Для урозуміння універсальності явища самоорганізації розгляньте приклади виникнення упорядкованих структур у системах різної природи.

Література [1, 2,12,13,14,15].

Тема 2. Теорія стійкості та теорія біфуркацій.

При вивченні теми звернути увагу на методику дослідження утрати стійкості стаціонарного стану системи у лінійному наближенні та пов’язані з цим аналізом поняття біфуркацій, параметру порядку, принципу підпорядкування, фазового портрету системи. Важливо усвідомити, що саме значення коренів характеристичного (дисперсійного) рівняння, що отримують при лінеаризації нелінійних диференціальних рівнянь, які описують систему, визначають особливі точки (точки спокою) та характер фазової траєкторії, тобто фазовий портрет системи. При цьому аналіз та прогнозування поведінки системи не потребує розв’язування нелінійних диференціальних рівнянь, яке може складати деякі труднощі. Отже необхідно знати класифікацію особливих точок та уміти навести приклади систем з відповідними фазовими портретами.

У якості прикладів у курсі розглядься дослідження на стійкість гідродинамічних течій та нейтральна стійкість моделі «хижак-жертва».

Література [1,2,8,12,13,14].

Тема 3. Структуроутворення в просторово розподілених системах.

Утворення просторових структур у системі розглянуто на прикладі однієї з найбільш відомих в хімічній кінетиці моделей - «бруселятор», в якій фігурують два спряжені проміжні продукти та автокаталітична стадія. При розгляді зверніть увагу на те, що виникнення просторової структури - хімічних хвиль, які розвиваються у часі, пов'язано з введенням в систему кінетичних рівнянь, які описують просторово однорідну (завдяки механічному перемішуванню) систему, градієнтних членів, що ураховують неоднорідність та дифузійний рух компонент.

Література [1,2, 9,11,12].

Тема 4. Деякі задачі екології як задачі фізики складних систем. Приклади моделювання задач довкілля.

Перш за все необхідно усвідомити загальні принципи, яких дотримуються при побудові моделей явищ навколишнього середовища:

- за результатами спостережень пошук аналогій і прототипів серед відомих лабораторних фізико-хімічних систем, тобто встановлення типу моделі;
- установлення в рамках обраної моделі специфічних особливостей задачі (наприклад, натуральні значення чисел в задачах про чисельність популяцій);
- порівняння результатів моделювання з дослідом.

Розгляд окремих прикладів моделювання різнорідних за своєю природою систем довкілля (модель кліматичної мінливості, модель виживання, модель планктонових спільнот) допоможе засвоїти використання цих правил на практиці.

Література [1, 2,4,6,8,11,12].

Тема 5. Неевклідові об'єкти. Фрактали в фізиці і задачах про довкілля.

При вивченні теми важливо усвідомити, що ті ж самі явища в евклідовому просторі та на фрактальних (неевклідових) об'єктах мають зовсім різний характер. Отже, якісне розуміння процесів переносу (дифузії, провідності, просочування, фільтрація води) у випадково неоднорідних середовищах, до яких належить багато природних об'єктів, пов'язано з фрактальними уявленнями. В результаті вивчення матеріалу необхідно мати уявлення про такі поняття як фрактал, топологічна вимірність, хаусдорфова вимірність та спосіб її обчислення, аномальна дифузія (субдифузія та супердифузія) та дифузійне рівняння, яке у випадку фракталів має вигляд рівняння в дробових просторових похідних.

Література [1,8,9,11,12].

3.2.2. Питання для самоперевірки

Тема 1

1*. Що є загальним для всіх явищ утворення упорядкованих структур при необоротних процесах у сильно нерівноважних системах?

2*. Що в сінергетиці розуміють під параметрами порядку (керуючими модами? У чому зміст принципу пілпорядкування?

3. Наведіть приклади виникнення упорядкованих структур у системах різної природи.

4. В якому сенсі слід вважати термін «відкритість» стосовно систем із самоорганізацією?

5*. Чому не спостерігається самоорганізаційних процесів поблизу рівноважних станів?

6. У фазових переходах I та II роду часто можна спостерігати появи впорядкованих утворень. Наприклад рідина з пониженням температури кристалізується, тобто з

молекулярного хаосу виникає строго впорядковані кристалічні гратки. Чи не є такий перехід прикладом самоорганізації?

Тема 2, 3.

6*. Які різновиди стійкості та нестійкості припускають розв'язки кінетичних рівнянь? Які з них стосуються біфуркацій?
7*. Які точки на фазовій площині називають особливими?
8*. Що є термодинамічна гілка та які точки її обмежують?
9*. Навести класифікацію особливих точок у фазовому просторі?
10*. Яку фазову криву називають сепаратрисою?
11. Яка принципова різниця існує між граничним циклом та центром?
12*. Наведіть приклади систем, фазовий портрет яких є стійким граничним циклом. Що необхідно ввести у систему для організації стійкого граничного циклу?
13*. Які існують різновиди атракторів дисипативних динамічних систем?
14. Що являє собою фазовий «портрет» системи Лоренця?
15. Поясніть структуру дивних атракторів
16*. Яке рівняння описує усталений рух нестисливої рідини? За якою умовою відбувається втрата стійкості гідродинамічної течії?
17*. Який фазовий портрет відповідає моделі Лотки-Вольтера взаємодії хижак-жертва? Чому модель Лоткі-Вольтери не є прикладом біфуркаційної поведінки?
18*. За яких умов виникає структуроутворення в просторово розподілених системах?

Тема 4

19*. Що є основним керівним фактором для земного клімату?
20*. Які фактори ураховує рівняння теплового балансу системи Земля - атмосфера - кріосфера?
21*. Запишіть це рівняння. Скільки стаціонарних станів допускає система? Які характер щодо стійкості стану вони мають та якому клімату відповідають?
22*. Яку роль відіграють флуктуації у кліматичних моделях?
23*. Які риси планетарного клімату дозволяють вважати його системою із самоорганізацією?
24*. Які внутрісистемні процеси вирізняють при побудові динамічного рівняння в екологічних задачах довкілля?
25. Які фактори ураховує та який вигляд має система логістичних рівнянь в моделі виживання?
26*. Які висновки щодо еволюції екосистеми, яка складається з хижака і його жертви, можна зробити на основі аналізу розв'язків системи відповідних логістичних рівнянь?
27. За допомогою якої системи дифузійно-реакційних рівнянь можна описати функціонування спільноти «хижак-жертва» (зоопланктон-фітопланктон) в рамках моделі планктонових спільнот?

Тема 5

28*. Поясніть поняття фракталу та наведіть приклади фрактальних об'єктів у природі.
29. Які типи самоподібності та методи генерування фракталів вам відомі?
30*. У чому відміна фрактальної вимірності від топологічної?
31*. Який спосіб обчислення фрактальної (хаусдорфової) розмірності? Для яких об'єктів хаусдорфова розмірність збігається з топологічною?
32*. Що таке аномальна дифузія? У чому полягає аномальність процесу? Наведіть приклади систем з аномальною дифузією.
33. Як узагальнюється рівняння дифузії на випадок аномальної дифузії?

34*. Яким фізичним ситуаціям відповідає узагальнене дифузійне рівняння?

(* - питання для самоперевірки базових результатів навчання – знань, умінь, навичок).

3.3. Модуль ЗМ-П1. *«Розв'язування задач за темами лекційного модулю ЗМ-Л1, ЗМ-Л2»*

3.3.1. Повчання

Тема 1. Хвильове рівняння. Звукові та електромагнітні хвилі. Поширення електромагнітного випромінювання в довкіллі.

Розв'язування задач щодо звукових хвиль потребує розуміння відміни між об'єктивними та суб'єктивними характеристиками звуку (наприклад, рівень інтенсивності звуку та рівень гучності) та співвідношення між ними. Розв'язування задач на поширення електромагнітного випромінювання потребує розуміння відмін між закономірностями поширення хвиль оптичного діапазону, для яких виконуються закони заломлення та відбивання світла, та рентгенівського і γ-випромінювання.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Підручник. Харків:ФОП Панов А.М., 2017. с.433-443.

Література [1, 5, 8]

Тема 2. Фізика іонізуючого випромінювання у застосуванні до проблем довкілля.

Розв'язок задач теми тісно пов'язаний з темою курсового завдання, отже потребує особливої уваги. Поверхнева та об'ємна активність є важливими характеристиками радіоактивного забруднення відповідно території та водоймищ, отже визначення активності радіоактивних ізотопів є важливою компонентою радіоекології.

При розв'язуванні задач на дози радіації слід звернути увагу на перехід від експозиційної дози (яка, за визначенням відноситься до повітря) до поглиненої дози у воді або біологічній тканині, який потребує використання різних коефіцієгів.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див. [10] Герасимов О.І., Андріанова І.С., Затовська А.О., Співак А.Я. Методичні вказівки до розв'язання задач з дисципліни "Радіоекологія". Одеса: Екологія, 2012, с.15-20;

Література [1, 5, 7, 10]

Тема 3. Термодинамічні параметри та термодинамічні функції. Ентропія та статистичні функції розподілу.

Розвязування задач за темою потребує попереднього засвоення таких понять як оборотні і необоротні процеси, статистичний розподіл, канонічний та мікроканонічний ансамбль, знання термодинамічних параметрів та термодинамічних функці та розуміння статистичного змісту ентропії.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див. [4] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Метод. вказівки до практичних занять з дисципліни "Екологічна фізика". Одеса: ОДЕКУ, 2019. 35с. (ел. верс.)

Література [1, 2, 3, 4, 8, 12].

Тема 4. Моделювання еволюції екологічних систем.

При розвязуванні задач зверніть увагу на використання при побудові моделі загальних підходів, які використовуються при моделюванні моделей явищ навколишнього середовища, та урахування в рамках моделі спіцефічних особливостей системи, яку описують.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див. [2] Герасимов О.І., Настасюк В.А. Метод. вказівки до практичних робіт «Основи екологічної фізики». Одеса:

ОДЕКУ, 2003. 61с.; [4] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Метод. вказівки до практичних занять з дисципліни “Екологічна фізика”. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 35с. (ел. верс.)

Література [1, 2, 4, 6, 8, 11, 12].

Тема 5. Планетарний клімат як задача фізики.

При розгляді задачі необхідно звернути увагу на фактори, які слід ураховувати при побудові моделі; порівняйте отримані результати з фактичними значеннями та при необхідності спробуйте пояснити відміни у значеннях впливом неурахованих факторів (яких самих)

Методичні вказівки та приклади розв’язування задач див. [4] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Метод. вказівки до практичних занять з дисципліни “Екологічна фізика”. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 35с. (ел. верс.); [2] Герасимов О.І., Настасюк В.А. Метод. вказівки до практичних робіт «Основи екологічної фізики». Одеса: ОДЕКУ, 2003. 61с.;

Література [1, 2, 4].

Тема 6. Дослідження на стійкість гідродинамічних течій.

При розв’язувані задач необхідно урозуміти, що в механіці рідин та газів вивчається поведінка речовини як цілого, у макроскопічному масштабі, великому у порівнянні з відстанню між окремими молекулами. Тобто речовина розглядається як суцільне середовище, що надає можливість розглядати її параметри(густину, швидкість, температуру і т. ін.) як неперервні функції координат і часу. Розв’язок задач потребує попереднього засвоєння таких понять як ідеальна рідина, ламінарна та турбулентна течія, гідродинамічна нестійкість. Особлива увага приділяється критеріям співіснування різних режимів динамічної системи

Відповідний теоретичний матеріал, методичні вказівки та приклади розв’язування задач див.

Методичні вказівки та приклади розв’язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.1. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 24-39; [6] Герасимов О.І., Співак А.Я. Механіка суцільних середовищ в задачах та прикладах: Метод. вказ. Одеса: ОГМІ, 2000. 60с.

Література [2, 5, 6].

Тема 7. Фрактали в задачах про довкілля.

Розв’язок задач потребує попереднього засвоєння таких понять як фрактал, топологічна вимірність, хаусдорфова вимірність та спосіб її обчислення, аномальна дифузія.

Методичні вказівки та приклади розв’язування задач див. [9] Герасимов О.І., Худинцев М.М. Фрактали в фізиці та задачах довкілля: Метод. вказівки. Одеса: ОДЕКУ, 2003. 29с.

Література [1, 9, 11, 12].

3.4. Модуль ІЗ. Курсова робота за темою «Прогнозування та оцінювання радіаційної обстановки під час аварії на радіаційно - небезпечному об’єкті»

Метою виконання типової курсової роботи за темою «Прогнозування та оцінювання радіаційної обстановки під час аварії на радіаційно-небезпечному об’єкті» є поглиблення знань про вплив на людину іонізуючого випромінювання, а також про шляхи оцінки радіоактивних умов та ступеня їх впливів.

Курсова робота складається з трьох частин: теоретичної, розрахункової та аналітичної. Робота виконується на основі засвоєння теоретичного матеріалу [1,10].

Далі за наведеним алгоритмом, використовуючи надані викладачем вихідні дані, необхідно визначити зону радіаційного забруднення, в яку попадає об'єкт після радіаційної аварії; дози радіації, які можуть отримати люди за різних умов перебування у зоні; провести аналіз отриманих результатів розрахунків відповідно НРБУ та надати відповідні рекомендації.

В результаті виконання проекту студенти повинні знати як здійснюється оцінювання радіаційної обстановки під час аварії, способи оцінки шкідливої дії іонізуючого випромінювання та його вплив на організм людини; вміти розрахувати величину отриманої дози, розмір ризику та запропонувати способи його зменшення.

Робота повинна бути надана викладачеві на перевірку не пізніше, ніж за тиждень до її захисту.

Деталізоване завдання, література, методичні вказівки до виконання курсової роботи (проекту) та приклад розрахунку наведені в **[7]** Андріанова І.С. Метод. вказівки до курсового проекту з дисципліни "Екологічна фізика". Одеса: ОДЕКУ, 2015. 16с. (ел. верс.)

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1

1. Об'ємні рухи рідини (газу) під дією температурних неоднорідностей мають назву …
   Література [2, с.9]
2. Порушення просторової та хиральної симетрії у реакції Білоусова-Жаботинського є прикладом …
   Література [2, с.11]
3. З наведених диференціальних рівнянь, що описують різні фізичні процеси, хвильовим рівнянням є …
   Література [8,тема 11,с.1; 5, с.434]
4. Поперечні пружні хвилі можуть поширюватися у середовищах …
   Література [8,тема 12,с.1; 5, с.433]
5. Швидкість звуку у рідинах визначається за формулою …
   Література [8,тема 12,с.1]
6. Об'єктивними характеристиками звуку є
   Література [8,тема 12,с.1; 5, с.438]
7. Поверхня фронту ударної хвилі має форму …
   Література [8,тема 12,с.1]
8. Явище акустичної кавітації спостерігається при поширенні інтенсивних ультразвукових хвиль у …
   Література [8,тема 12,с.1]
9. Інтенсивність електромагнітної хвилі є пропорційною амплітудному значенню вектора напруженості E_0 електричної складової у степені …
   Література [8,тема 12,с.1; 5, с.440]
10. Наближення замкненої системи до рівноваги характеризує …
    Література [2,с.17; 8,тема 2,с.1]
11. Згідно загальному критерію термодинамічної стійкості системи стан адіабатично ізольованої системи є стійким при максимальному значенні її…
    Література [2,с.17; 8,тема 2,с.1]
12. З наведених виразів ентальпію системи визначає вираз …
    Література [8,тема 2,с.2; 4,с.6]

13. Термодинамічний потенціал (вільну енергію Гіббса) системи визначає вираз …
Література [8,тема 2,с.2; 4,с.6]
14. Зміну ентальпії системи dH надає вираз…
Література [8,тема 2,с.2; 4,с.6]
15. Зміну вільної енергії dF системи надає вираз…
Література [8,тема 2,с.2; 4,с.6]
16. Природними для внутрішньої енергії системи є змінні …
Література [8,тема 2,с.2,3]
17. Термодинамічною функцією, збиток якої надає роботу, що виконується системою в квазістатичному ізотермічному процесі, є …
Література [8,тема 2,с.2; 4,с.6]
18. Критерієм стійкості системи, яка задовольняє умовам P = const; S = const, є …
Література [8,тема 2,с.6,7; 4,с.12]
19. Критерієм стійкості системи, яка задовольняє умовам V = const; S = const, є …
Література [8,тема 2,с.6,7; 4 с.13]
20. Фазовим простором макроскопічної системи частинок називають …
Література [8,тема 3,с.1; 3, с.4]
21. Сукупність макроскопічно однакових систем, розподілених по допустимих мікростанах, називають …
Література [8,тема 3,с.2; 3, с.6]
22. Твердження, за яким закон розподілу ймовірностей станів для ансамблю систем буде таким самим, що й для часової послідовності станів однієї системи носить назву …
Література [8,тема 3,с.2; 3, с.9]
23. Незамкнена підсистема частинок, яка може обмінюватися енергією з іншими частинками і утворює разом з ними замкнену систему має назву …
Література [8,тема 3,с.3; 3, с.12]
24. Сукупність замкнених однакових ізольованих систем з однаковою енергією утворює … ансамбль.
Література [8,тема 3,с.3]
25. Середню енергію канонічного ансамблю частинок можна обчислити за допомогою…
Література [8,тема 3,с.3; 4, с.8]
26. З наведених виразів розподілом Гіббса є вираз …
Література [8,тема 3,с.4; 4, с.8]
27. Статистичний інтеграл системи частинок надає вираз …
Література [8,тема 3,с.4]
28. У випадку квантового характеру енергії системи розподіл Гіббса має вигляд …
Література [8,тема 3,с.5]
29. Визначення термодинамічних властивостей тіла (підсистеми) з постійною кількістю частинок можливо за допомогою …
Література [8,тема 3,с.5; 4, с.9]
30. Великий канонічний розподіл використовують для систем …
Література [3, с.16]
31. У випадку локальної рівноваги системи, що має характерний розмір *l*, її параметри α_i задовольняють умові (нерівності) …
Література [8,тема 4,с. 2]
32. З наведених нижче процесів до непрямих процесів переносу належать
Література [8,тема 4,с. 4]
33. Згідно лінійного закону термодинаміки необоротних процесів кожний потік є лінійною комбінацією .
Література [8,тема 4,с. 4]

34. Закон Ома, записаний у диференціальній формі пов'язує потік заряду J_e з термодинамічною силою …

Література [8,тема 4,с. 4]

35. Рівняння дифузії пов'язує потік частинок J_n з термодинамічною силою

Література [8,тема 4,с. 4]

36. У законі Ома, записаному в диференціальній формі, потоком та термодинамічною силою є …

Література [8,тема 4,с. 4]

37. Потоком та термодинамічною силою у рівнянні дифузії є …

Література [8,тема 4,с. 4]

38. Рівняння теплопровідності рідини або газу випливає з локального закону…

Література [8,тема 4,с. 6]

39. .Лінійний закон термодинаміки необоротних процесів виконується за умови …

Література [8,тема 4,с.4; 2,с.23]

40. Згідно принципу Кюрі лінійний закон може зв'язувати термодинамічні сили та потоки …

Література [8,тема 4,с. 5]

41. Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів виконується в межах … лінійності необоротних процесів

Література [8,тема 4,с.5; 2,с.23]

42. З N^2 елементів матриці кінетичних коефіцієнтів згідно теореми Онзагера будуть незалежними …

Література [8,тема 4,с. 5]

43. Матриця кінетичних коефіцієнтів має 9 елементів. Згідно з теоремою Онзагера, незалежними з них будуть …

Література [8,тема 4,с. 5]

44. Відкритими називають системи, які можуть обмінюватися з довкіллям …

Література [8,тема 4,с.1; 2, с.17]

45. Зміна ентропії відкритої системи зумовлена …

Література [8,тема 4,с.1; 2, с.18]

46. Виробництвом ентропії називають …

Література [8,тема 4,с.7; 2, с.22]

47. Вираз $\sum_k J_k X_k$, де J_k - термодинамічний потік, X_k - термодинамічна сила, надає...

Література [8,тема 4,с. 7; 2, с.22]

48. Стаціонарним називають такий стан відкритої системи, при якому зміна ентропії всієї відкритої системи …

Література [8,тема 4,с. 8; 2, с.23]

49. Згідно теоремі Пригожина критерієм наближення відкритої системи до стаціонарного стану (при протіканні в ній лінійних процесів) є виконування співвідношення для швидкості зміни виробництва ентропії системи …

Література [8,тема 4,с. 8; 2, с.23]

50. Відповідно універсальному критерію Гленсдорфа – Пригожина у будь-якій термодинамічній системі з фіксованими граничними умовами процеси відбуваються таким чином, що швидкість зміни виробництва ентропії, яка обумовлена зміною термодинамічних сил, …

Література [8,тема 4,с. 9; 2, с.24]

4.1 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2

1. Біфуркацією стану динамічної системи називають …
Література [2 , с. 25; 8,тема 6,с. 1]
2. Структрно стійкою називають систему, для якої малі збурення параметра μ, що входить в рівняння руху системи, …
Література [2 , с. 25; 8,тема 6,с. 1]
3. Стан динамічної системи слід вважати нестійким, якщо…
Література [2 , с. 25; 8,тема 6,с. 1]
4. Під лінерізацією рівнянь, які описують динамічну систему розуміють…
Література [2, с.29]
5. Дисипативна система – це система, в якій …
Література [8,тема 7, с.1]
6. Параметрами порядку або керуючими модами називають змінні, флуктуації яких мають час релаксації …
Література [8,тема 5,с.1]
7. Точкою біфуркації є…
Література [2, с.25; 8,тема 6,с.1]
8. Між двома біфуркаціями стани динамічної системи …
Література [8,тема 6, с.6]
9. «Грубі» динамічні системи – це системи …
Література [8,тема 6, с.3]
10. Критичне значення параметру динамічної системи – це …
Література [8,тема 6, с.6]
11. Фазова крива, що розділяє фінітні та інфінітні фазові траєкторії має назву …
Література [8,тема 6, с.5]
12. На фазовому портреті динамічної системи фазовим траєкторіям, що виходять з однієї точки відповідає ...
Література [8,тема 6, с.5]
13. На фазовому портреті динамічної системи особлива точка, поблизу якої фазова траєкторія має вигляд спіралі, що згортається, є…
Література [8,тема 6, с.5]
14. Поблизу особливої точки фазового портрету, яка представляє собою сідло, фазові траєкторії динамічної системи мають форму …
Література [8,тема 6, с.5]
15.Фазовий портрет маятника з утратами, що залежать від швидкості, має особливу точку, яка є…
Література [8,тема 6, с.5]
16. Особлива точка на фазовому портреті динамічної системи, яка є центром, відповідає стану …
Література [8,тема 6, с.5]
17..Прикладом структурно стійкої системи є …
Література [8,тема 6, с.5]
18. Мінімуму енергії нелінійного маятника на фазовому портреті відповідає ...
Література [8,тема 6, с.5]
19..Граничні цикли на фазовому портреті динамічної системи є характерними для…
Література [8,тема 6, с.5]
20. Під топологічною еквівалентністю станів динамічної системи розуміють …
Література [8,тема 6,с.6]
21. Як ознака біфуркації на фазовій площині трактується особлива точка, яка представляє собою …

Література [8,тема 6, с.5]

22. Особлива траєкторія, на яку динамічна система не може вийти за скінченний проміжок часу, або ніколи не зійде з неї, знаходячись на ній у початковий момент, має назву…

Література [8,тема 6,с.5]

23. В нелінійні динамічні системи, створеній для здійснення періодичних рухів, вводиться зворотний зв'язок для організації…

Література [8,тема 6,с.6]

24. Фазова траєкторія, що відповідає руху Місяця є …

Література [8,тема 6,с.6]

25. Характерними для фазових портретів «негрубих» систем є …

Література [8,тема 6,с.6]

26. У випадку дивного атрактора фазові траєкторії …

Література [8,тема 6,с.7]

27. Усталений рух нестисливої рідини описується …

Література [2, с. 33]

28. Рух рідини називають нестійким, якщо …

Література [2, с. 34]

29. За малих чисел Рейнольдса гідродинамічна течія є …

Література [2, с.34]

30. Параметр, який характеризує порушення симетрії в системі, має назву ...

Література [2, с.42]

31. Фазові переходи I та II роду не є прикладом самоорганізації внаслідок …

Література [2, с.42]

32. Поблизу критичної точки фазового переходу “пара – рідина” параметром порядку є ..

Література [2, с.42]

33. Зменшення значення альбедо …

Література [2, с.47]

34. Згідно закону Стефана-Больцмана випромінювальна здатність зірок є прямо пропорційній …

Література [2, с.46]

35. У рівнянні теплового балансу, яке використовується в моделі кліматичної мінливості змінною є …

Література [2, с.46]

36. Згідно моделі кліматичної мінливості зв'язок (перехід) між стаціонарними станами здійснюється за допомогою …

Література [2, с.48]

37. У моделі Лоткі – Вольтера (моделі «жертва-хижак») відкритість системи моделюється завданням постійного значення …

Література [2, с.35]

38. З розв’язку моделі Лоткі – Вольтера (моделі «жертва-хижак») випливає періодичність …

Література [2, с.36]

39. При моделюванні екосистем внутрісистемними процесами, урахування яких приводить до нелінійності динамічних рівнянь, є процеси …

Література [2, с.49]

40. Фракталом називають множину, для якої хаусдорфова вимірність …

Література [8,тема 13,с.1]

41. Майже самоподібними є фрактали, які …

Література [8,тема 13,с.2]

42. За допомогою ітераційних функцій генерують …

Література [8,тема 13,с.1]

43. Фрактали, що генеруються з використанням стохастичних процесів, належать до ...

Література [8,тема 13,с.2]

44. Фракталам, що генеровані з використанням ітераційних функцій, найчастіше притаманна …

Література [8,тема 13,с.2]

45. Майже самоподібними є фрактали, генеровані за допомогою …

Література [8,тема 13,с.2]

46. Малі копії цілого фракталу у перекручених та вироджених формах мають фрактали…

Література [8,тема 13,с.2]

47. Прикладами алгебраїчних фракталів є …

Література [8,тема 13,с.2]

48. Прикладами статистичних фракталів є …

Література [8,тема 13,с.2]

49. Мінімальне число незалежних змінних, які однозначно визначають кожний елемент множини, надає її … вимірність

Література а [8,тема 13,с.3]

50. Хаусдорфова вимірність фракталів порівняно з топологічною вимірністю є …

Література а [8,тема 13,с.4]

51. Нелінійна залежність середнього квадрата зміщення частинок від часу є характерною для дифузії …

Література [8,тема 13,с.6]

52. Введення дробової похідної за часом у рівняння переносу при аномальної дифузії дозволяє урахувати …

Література [8,тема 13,с.8]

4.3 Тестові завдання до екзаменаційної роботи

№	Тестові завдання	Основна література, сторінки
1.	Умовою виникнення комірок Бенара є …	[2] с.9
2	Звукові хвилі – пружні хвилі з частотами коливань в діапазоні ...	[8],тема12,с.1; [5] с.437
3	Повздовжні пружні хвилі можуть поширюватися у …	[8],тема12,с.1; [5] с.433
4.	Швидкість звуку у газах визначається за формулою …	[8],тема12,с.1; [5] с.437
5.	Рівень гучності звуку зі зростом інтенсивності	[8],тема12,с.1; [5] с.438
6.	Завжди зростає при необоротному процесі у замкненій системі …	[8],тема 2,с.1; [2] с.17
7.	Основним критерієм стійкості адіабатично ізольованої системи є максимальне значення …	[8],тема 2,с.1; [2] с.17
8.	З наведених виразів вільну енергію системи визначає вираз	[8],тема 2,с.1; [4] с.6
9.	Хімічний потенціал μ – це віднесене до однієї частинки значення …	[8],тема 2,с.3; [4] с.6
10.	Зміну внутрішньої енергії системи dU надає вираз …	[8],тема 2,с.2; [4] с.6

11.	Зміну термодинамічного потенціалу dG системи надає вираз …	[8],тема 2,с.2; [4] с.6
12.	Природними для ентальпії є змінні …	[8],тема2,с.2,3
13.	Природними змінними для вільної енергії є змінні…	[8],тема2,с.2,3
14.	Кількість теплоти, отриманої системою у квазістатичному процесі при p = const надає …	[8],тема 2,с.2; [4] с.6
15.	Критерієм стійкості системи, яка задовольняє умовам V = const; T = const. є …	[8],тема2,с.6,7 [4] с.13
16.	Фазова траєкторія лежить поверхні, яка є …	[8],тема 3,с.1 [3] с.5
17.	Згідно з ергодичною гіпотезою середнє за часом та середнє за ансамблем …	[8],тема 3,с.2 [3] с.9
18.	Функція розподілу за станами підсистеми частинок, яка знаходиться у рівновазі з великою замкненою системою – термостатом, малою частиною якого вона є, має назву …	[8],тема 3,с.3 [3] с.12
19.	Статистичний ансамбль ізольованої системи з постійними значеннями об'єму, кількості частинок і енергії має назву …	[8],тема 3,с.3
20.	Середні значення величин, які є динамічними характеристиками системи, обчислюють за допомогою …	[8],тема 3,с.4 [4] с.8
21.	Розподіл Гіббса є статистичною функцією розподілу, яка відповідає ансамблю…	[8],тема 3,с.3 [3] с.12
22.	Статистичну суму системи частинок надає вираз…	[8],тема 3,с.5
23.	У випадку локальної рівноваги системи характерний час зміни її параметрів τ задовольняє нерівності …	[8],тема 4,с.2
24.	З наведених нижче процесів до прямих процесів переносу належать …	[8],тема 4,с.4
25.	Потоком та термодинамічною силою у рівнянні теплопровідності є …	[8],тема 4,с.4
26.	Рівняння неперервності для рідини або газу випливає з локального закону збереження …	[8],тема 4,с.5
27.	У відкритих системах тенденція зростання ентропії, що притаманна замкненим системам…	[8],тема 4,с.1 [2] с.18
28.	Згідно принципу Кюрі тензор моменту імпульсу може бути пов'язаний лінійним законом тільки з …	[8],тема 4,с.5
29.	Матриця кінетичних коефіцієнтів має 4 елементи. Згідно з теоремою Онзагера, незалежними з них будуть …	[8],тема 4,с.5
30.	Згідно з теоремою Пригожина виробництво ентропії в стаціонарному стані відкритої системи при протіканні в ній лінійних процесів приймає …	[8],тема 4,с.8 [2] с.23
31.	Універсальним критерієм еволюції називається твердження:	[8],тема 4,с.9 [2] с.24
32.	Лінійний закон термодинаміки необоротних процесів $J_i = \sum_{k=1}^{N} L_{ik} X_k$ виконується за умов …	[8],тема 4,с.7 [2] с.22
33.	Структрно нестійкою називають систему, для якої малі збурення параметра μ, що входить в рівняння руху системи,…	[8],тема 6,с.1 [2] с.25
34.	Стан динамічної системи можна вважати стійким, якщо…	[8],тема 6,с.1 [2] с.25

35.	Характерними ознаками дисипативної системи є …	[8],тема 7,с.1
36	Стани динамічної системи є топологічно еквівалентними …	[8],тема 6,с.6
37.	Кінетичне рівняння, що припускає біфуркації, має містити в собі …	[8],тема 6,с.1
38.	«Негрубі» динамічні системи – це системи …	[8],тема 6,с.3
39.	Перетину сепаратрис на фазовому портреті нелінійного маятника відповідає …	[8],тема 6,с.5
40.	На фазовому портреті динамічної системи фазовим траєкторіям, що сходяться в одній точці відповідає	[8],тема 6,с.5
41.	На фазовому портреті динамічної системи особлива точка, поблизу якої фазова траєкторія має вигляд спіралі, що розгортається, є…	[8],тема 6,с.5
42.	На фазовому портреті нелінійного маятника сепаратриса є фазовою кривою, що …	[8],тема 6,с.5
43.	На фазовому портреті динамічної системи в околі особливої точки, яка є центром, фазові траєкторії мають форму …	[8],тема 6,с.5
44.	Прикладом структурно нестійкої системи є…	[8],тема 6,с.5
45.	ЗЗ. Не мають граничних циклів на фазовому портреті динамічні системи, що є	[8],тема 6,с.5
46.	Характерними для фазових портретів «грубих» систем є …	[8],тема 6,с.6
47.	Рух рідини називають стійким, якщо …	[2], с. 34
48.	При числах Рейнольдса, більших за критичне значення, режим течії є …	[2], с. 34
49.	Для фазового переходу “парамагнетик - феромагнетик” параметром порядку є …	[2], с. 42
50.	Збільшення значення альбедо …	[2], с. 47
51.	При запису рівняння теплового балансу в моделі планетарного клімату використовується закон …	[2], с. 46
52.	Фазовим портретом динамічної системи в моделі «хижак-жертва» є	[2], с. 36
53.	Прикладами геометричних фракталів є …	[8],тема 13,с.2
54.	Топологічна вимірність фракталів порівняно з Хаусдорфовою вимірністю є …	[8],тема 13,с.4
55.	Введення дробової похідної за координатами у рівняння переносу при аномальної дифузії дозволяє урахувати …	[8],тема 13,с.7

5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література

1. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля : Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
2. Герасимов О.І., Настасюк В.А. Метод. вказівки до практичних робіт «Основи екологічної фізики». Одеса: ОДЕКУ, 2003. 61с.
3. Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Додаткові глави статистичної фізики : Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2017. 59с. (ел. верс.)
4. Герасимов О.І., Андріанова І.С. Метод. вказівки до практичних занять з дисципліни “Екологічна фізика”. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 35с. (ел. верс.)
5. Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах : Підручник. Харків: ФОП Панов А.М., 2017. 564с.
6. Герасимов О.І., Співак А.Я. Механіка суцільних середовищ в задачах та прикладах : Метод. вказ. Одеса: ОГМІ, 2000. 60с.
7. Андріанова І.С. Метод. вказівки до курсового проекту з дисципліни “Екологічна фізика”. Одеса: ОДЕКУ, 2015. 16с. (ел. верс.)
8. Андріанова І.С. ЕНК з дисципліни «Екологічна фізика». http://dpt12s.odeku.edu.ua/course/view.php?id=17
9. Герасимов О.І., Худинцев М.М. Фрактали в фізиці та задачах довкілля: Метод. вказівки. Одеса: ОДЕКУ, 2003. 29с.
10. Герасимов О.І., Андріанова І.С., Затовська А.О., Співак А.Я. Радіоекологія : Методичні вказівки до розв’язання задач. Одеса: Екологія, 2012. 60с.

Додаткова література

11. Климонтович Ю.Л. Введение в физику открытых систем. М.: Янус-К, 2002. 284с.
12. Чалый А.В. Неравновесные процессы в физике и биологии. К.: Наукова думка, 1997. 184с.
13. Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985.
14. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесних системах. М.: Мир, 1979.
15. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного М.: Мир,1990.