

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення
спеціальності
протокол № 3 від «02» 11 2021 року
Голова групи [підпис] Герасимов О.І.

УЗГОДЖЕНО

Декан природоохоронного факультету
[підпис] Чугай А. В.
(назва факультету, прізвище, ініціали)

СИЛЛАБУС
навчальної дисципліни

«Окремі розділи фізики - 3»
(назва навчальної дисципліни)

183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр та назва спеціальності)

Технології захисту навколишнього середовища
(назва освітньої програми)

магістр

(рівень вищої освіти)

заочна

(форма навчання)

2

(рік навчання)

(семестр навчання)

6/180

(кількість кредитів ЕКТС/годин)

залік

(форма контролю)

Загальної та теоретичної фізики

(кафедра)

Одеса, 2021 р.

Автори: Герасимов О.І., зав. каф. Загальної та теоретичної фізики, доктор ф.-м. наук, професор
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Кудашкіна Л.С., доцент кафедри Загальної та теоретичної фізики, кандидат ф.-м. наук, доцент
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри загальної та теоретичної фізики від «_13_» _жовтня___ 2021 року, протокол №_3_ .

Викладачі: лекційний модуль: Кудашкіна Л.С., доцент кафедри Загальної та теоретичної фізики, к.ф.-м.н. , доцент
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

практичний модуль: Кудашкіна Л.С., доцент кафедри загальної та теоретичної фізики, к.ф.-м.н. доцент.

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Формування у студентів системи знань та навичок зі спеціальних розділів статистичної фізики на шляху дослідження складних динамічних систем різної природи, таких, зокрема, як задачі переносу радіонуклідів у різних середовищах, клімату, морфогенезу та багато інших. Надати основні уявлення про сучасні методи статистичної фізики та методи їх використання в задачах опису стану та кінетики процесів які відбуваються у навколишньому середовищі.
Компетентність	СК02. Здатність використовувати науково-обґрунтовані методи обробки результатів досліджень в галузі технологій захисту навколишнього середовища. КВ03. Здатність використовувати теорію та методи нелінійного аналізу при побудові моделі складних нерівноважних, нелінійних процесів та пошуку її розв'язку. □
Результат навчання	ПР13. Вміти визначати на основі знань статистичних розподілів характер, критерії та параметри перерозподілу шкідливих речовин в об'єктах навколишнього середовища та описувати їх динаміку. Р031В. Вміти визначати процеси структуроутворення в нелінійних дисипативних екосистемах. Здатність використовувати теорію та методи нелінійного аналізу при оптимізації екологічно безпечного стану довкілля.
Базові знання	1) фізичні поняття, закони та моделі статистичної фізики; 2) фізична сутність мікроскопічних явищ та методи опису макроскопічних систем; 3) знання теоретичних статистичних розподілів; 4) знання характеристик ідеальних та неідеальних фізичних систем; 5) науково-обґрунтовані підходи до застосування певних теоретичних розподілів до реальних систем навколишнього середовища.
Базові вміння	1) застосовувати отримані теоретичні знання до моделювання складних систем зокрема у задачах радіоекології, та типових задачах навколишнього середовища; 2) вміти будувати криві статистичних розподілів, зокрема за даними радіоекологічних вимірювань; 3) застосовувати методи розрахунку фізичних параметрів систем за допомогою статистичних розподілів.
Базові навички	Практично використовувати методи статистичної фізики.
Пов'язані ссиллабуси	Окремі розділи фізики-1,2
Попередня дисципліна	немає
Наступна дисципліна	немає □
Кількість годин	лекції: 2 год. консультації: 8 практичні заняття: немає лабораторні заняття: немає самостійна робота студентів: 170 год.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Лекційний модуль №1

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	Тема 1. Основні принципи статистики, класичні та квантові функції розподілу.	1	
	1.1. Функції розподілу. Статистична незалежність. Теорема Ліувілля. Роль енергії, мікромеханічний розподіл. Матриця густини.		10
	1.2. Канонічний розподіл Гіббса. Розподіл Максвелла. Вільна енергія в розподілі Гіббса. Розподіл Гіббса зі змінним числом частинок. Вивід термодинамічних співвідношень з розподілу Гіббса.		10
	1.3. Розподіл Больцмана. Нерівноважний ідеальний газ. Зіткнення молекул. Вільна енергія больцманського ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу. Ідеальний газ з постійною теплоємністю. Закон розподілу. Одноатомний ідеальний газ.		10
	Тема 2. Відхилення газів від ідеальності.		
	2.1. Формула Ван-дер-Вальса. Термодинамічні величини класичної плазми.		10
	2.2. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями свободи і теорема про віріал.		10
	Тема 3. Розподіли Фермі і Бозе.		
	3.1. Фермі- та Бозе-гази. Вироджений Електронний газ. Перехід до статистичного розподілу Больцмана.		10
	3.2. Ідеальний Бозе-газ при низьких температурах. Рівняння стану для виродженого бозонного газу.		10
3.3. Ідеальний Фермі-газ при низьких температурах. Електронний газ у металі.	10		
	Модульна тестова контрольна робота		5
ЗМ-Л2	Тема 4. Системи багатьох частинок. Фазові переходи другого роду.	1	
	4.1. Розчини. Осмотична теорія розчинів.		10
	4.2. Правило фаз Гібса. Фазові переходи. Теорія Ландау фазових переходів другого роду.		10
	Тема 5. Кінетичні рівняння та рівняння переносу.		
	5.1. Принцип симетрії Онсагера. кінетичних коефіцієнтів.		10
5.2. Термодинамічний потенціал. Лінійні співвідношення між потоками і термодинамічними силами.	10		
5.3. Кінетичне рівняння Больцмана та методи його розв'язання Н-теорема.	10		
	Залікова тестова контрольна робота		5
Разом:		2	140

Настановне заняття – 2 аудиторні години (за розкладом настановної сесії).
Викладач: Кудашкіна Л.С.

На настановній лекції студентам доводяться загальний огляд та особливості вивчення навчальної дисципліни, огляд програми навчальної дисципліни, в т.ч. графік її вивчення, перелік базових знань та вмінь (компетентності), огляд завдань на самостійну роботу, графік та форми їх контролю, форми спілкування з викладачем під час самостійного вивчення дисципліни, графік отримання завдань, відомості про систему доступу до навчально-методичних матеріалів, у тому числі через репозитарій електронної навчально-методичної та наукової літератури та систему дистанційного навчання університету тощо.

Консультації – 8 годин:

Викладач: Кудашкіна Лариса Сергіївна (kuda2003@ukr.net)

Дні тижня: середа з 16.05.

Аудиторія 303 (НЛК №2)

2.2. Практичний модуль №1.

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	Тема 1. Рух в фазовому просторі, ергодичність та стохастичність. Зв'язок розподілу Гіббса з максимумом інформаційної ентропії. Осцилятор в термостаті. Статистичні оператори комплексів частинок. Демон Максвелла та його вигнання.		15
	Тема 2. Магнетизм електронного газу. Вироджений майже ідеальний бозе-газ. Фонони в Бозе-рідині. Електронна Фермі-рідина метал. Квантові кінетичні рівняння.		15
Разом:			30

Якщо результати опанування навчальної дисципліни протягом самостійної роботи студентом є незадовільними, викладач рекомендує такому студенту взяти участь у консультаційній сесії, під час якої викладач може планувати будь-які види навчальної роботи, які дозволяють студентам якісніше опанувати матеріал навчальної дисципліни та підвищити рівень своєї практичної підготовки з цієї дисципліни. В цих сесіях беруть участь студенти, які не мають можливості самостійно опанувати завданнями на самостійну роботу або мають бажання виконати практичну частину самостійної роботи під керівництвом викладача.

В Zoom форматі (з попереднім узгодженням часу зустрічі викладача зі студентами):

<https://us04web.zoom.us/j/4432077055?pwd=cnNIYkR4QTINQVR2NjNPdXluempQUT09>.

Під час самостійної роботи студент має можливості спілкування з викладачем університету, який викладає цю навчальну дисципліну, за допомогою засобів електронного (e-mail: kuda2003@ukr.net) і мобільного зв'язку та/або у системі Е-навчання (<http://dpt12s.odku.edu.ua/course/view.php?id=59>).

Неучасть студента у консультаційних сесіях не позначається на оцінюванні його навчальних досягнень виконання навчального плану.

2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	Підготовка до поточного контролю з теоретичної частини дисципліни: Назва контрольного заходу (обов'язковий): - модульна контрольна робота (МКР)	85	Листопад-січень.
ЗМ-Л2	Підготовка до лекційного модулю. Назва контрольного заходу (обов'язковий): - залікова тестова контрольна робота	55	Лютий-березень
ЗМ-П1	Підготовка до практичного модулю. Розв'язування задач (обов'язковий).	30	Протягом семестру
	Разом:	140	

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

Методи контролю:

виконання тестових запитань модульної контрольної роботи (МКР).

Оцінювання: модульна контрольна робота проводиться у тестовому форматі за допомогою системи е-навчання. Модульна контрольна робота складається з 10 тестових питань, які охоплюють всі теми даного модуля навчальної дисципліни.

Максимальна оцінка за виконання модульної тестової контрольної роботи дорівнює **60 балів**.

Самостійна робота студента з дисципліни «Окремі розділи фізики-3» контролюється викладачем за графіком, наведеним у табл. 2.3, з використанням системи е-навчання, впровадженої в університеті.

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

Методи контролю:

розв'язування задач протягом семестру.

Оцінювання: кількість балів за виконання самостійної роботи залежить від дотримання таких вимог:

- своєчасність виконання;
- повний обсяг їх виконання;
- якість виконання.

Максимальна оцінка за виконання роботи з розв'язування задач дорівнює **20 балів**.

2.3.3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для семестрового заліку

Формою підсумкового семестрового контролюючого заходу з навчальної дисципліни «Окремі розділи фізики-3» є **залік**.

Заходи семестрового контролю (заліки або екзамени) можуть проводитися з використанням системи е-навчання; у цьому разі перелік цих заліків та екзаменів визначається наказом по університету.

Підсумковий контроль (залік) з дисципліни проводиться в період заліково-екзаменаційної сесії і складається з тестових завдань закритого типу, які потребують від студента вибору правильних відповідей з трьох або чотирьох запропонованих у запитанні. Тестові питання формуються по всьому переліку сформованих у навчальній дисципліні знань, а їх загальна кількість складає 20 завдань. Оцінка успішності виконання студентом цього заходу здійснюється у формі кількісної оцінки (бал успішності) та максимально складає **100 балів**. Перехід від кількісної оцінки до якісної оцінки здійснюється за 2-х бальною системою відповідно до наступної шкали - за правильну відповідь:

на 12-20 питань, це 60-100 балів (60-100%) – «зараховано»;

на менш ніж 12 питань, це менше 60 балів (<60%) – «не зараховано».

Інтегральна оцінка поточного контролю знань та вмінь студентів із навчальної дисципліни «Фізика складних, нелінійних, нерівноважних систем довкілля» заочної форми навчання складається з оцінок обов'язкових контролюючих заходів теоретичного матеріалу (МКР) та розв'язування задач і будуть підставою для допуску до семестрового контролюючого заходу – залік.

Студент вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю - **залік**, якщо він виконав усі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни, і набрав за модульною системою не менше 50% від максимально можливої за практичну і теоретичну частини відповідно:

30 балів за теоретичну частину;

10 балів за практичну частину.

3. РЕКОМЕНДАЦІ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1. Модуль ЗМ-Л1

3.1.1. Повчання

Тема 1. Основні принципи статистики, класичні та квантові функції розподілу.

Функції розподілу. Статистична незалежність. Теорема Ліувілля. Роль енергії, мікроканонічний розподіл. Матриця густини. Канонічний розподіл Гіббса. Розподіл Максвелла. Вільна енергія в розподілі Гіббса. Розподіл Гіббса зі змінним числом частинок. Вивід термодинамічних співвідношень з розподіла Гіббса. Розподіл Больцмана. Нерівноважний ідеальний газ. Зіткнення молекул. Вільна енергія больцманського ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу. Ідеальний газ з постійною теплоємністю. Закон розподілу. Одноатомний ідеальний газ.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: фазовий простір, фазовий об'єм, фазова траєкторія, ергодична поверхня, щільність ймовірності розподілу механічних станів системи в її фазовому просторі, статистичний ансамбль, фазове і усереднення за часом, s-часткова функції розподілу, підсистема і термостат, статистичний інтеграл, середньоквадратична, середня та найбільш ймовірна швидкості, обчислення ентропії.

Література [1, 2]

Тема 2. Відхилення газів від ідеальності.

Формула Ван-дер-Вальса. Термодинамічні величини класичної плазми. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями свободи і теорема про віріал.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: відмінність реального газу від ідеального, потенціальна енергія взаємодії всіх атомів, статистичний інтеграл для неідеального газу, розподіл енергії за ступенями свободи.

Література [1, 2]

Тема 3. Розподіли Фермі і Бозе.

Фермі- та Бозе-гази. Вироджений Електронний газ. Перехід до статистичного розподілу Больцмана. Ідеальний Бозе-газ при низьких температурах. Рівняння стану для виродженого бозонного газу. Ідеальний Фермі-газ при низьких температурах. Електронний газ у металі.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: статистичний інтеграл замінюється у квантовій статистиці статистичною сумою, частинки одного сорту не просто однакові за своїми властивостями, а зовсім не відрізняються одна від одної, принцип Паулі, як розрізняються ферміони і бозони, енергія Фермі, «сходінка» Фермі.

Література [1, 2]

3.1.2. Питання для самоперевірки

- 1.* Чи можливо самоперетинання фазової траєкторії консервативної механічної системи?
- 2.* Якісно зобразити рух спочатку круглої фазовою краплі для одновимірного вільного руху матеріальної частинки.
- 3.* Що таке статистична вага макроскопічного стану?
- 4.* Що таке Γ -простір?
- 5.* Як розуміти оборотність рівняння Ліувіля?
- 6.* Яке альтернативне формулювання теореми Ліувіля?
7. Які системи називаються ергодичними?
- 8.* Що таке статистичний ансамбль?
- 9.* На якій поверхні лежить фазова траєкторія?
- 10.* Записати вираз для повної функції розподілу.
11. У чому полягає принцип еквівалентності рівноважних ансамблів?
- 12.* Як зв'язані вільна енергія і статистичний інтеграл?
13. Як зв'язані термодинамічний потенціал і статистичний інтеграл?
- 14.* Як зв'язані хімічний потенціал і енергія?
- 15.* Яким рівнянням задається мікроскопічний розподіл?
16. Яким рівнянням задається канонічний розподіл?
- 17.* Записати вираз для великого канонічного розподілу.
- 18.* Який розподіл треба вибрати для визначення термодинамічних властивостей тіла?
- 19.* Записати умову з якої визначається термодинамічний потенціал.
- 20.* Що враховує і що не враховує канонічний розподіл?
- 21.* Чому внутрішня енергія ядер атомів не позначається на термодинамічні характеристики ідеального газу?
- 22.* Що описує барометрична формула?
- 23.* Записати розподіл Максвелла для числа частинок, що припадають на одиницю об'єму.
24. Записати розподіл Больцмана.
25. Що характеризує розподіл Максвелла-Больцмана?
- 26.* Чим відрізняється ідеальний газ від реального?
27. Чому дорівнює повна енергія реального газу?
- 28.* Яке рівняння називають рівнянням стану системи?
- 29.* На підставі якого виразу виводиться рівняння стану неідеального газу?
- 30.* Що описує рівняння Ван-дер-Ваальса?
- 31.* У чому полягає фізичний зміст поправок у рівнянні Ван-дер-Ваальса?
- 32.* Який характерний вигляд має потенціал міжатомної взаємодії для одноатомного газу?
- 33.* Записати статистичний інтеграл для неідеального газу.
- 34.* Яке головне припущення ми робимо щодо взаємодії атомів газу?
- 35.* Записати вираз для вільної енергії.

- 36.* Сформулювати теорему про рівномірний розподіл енергії за ступенями свободи.
- 37.* Сформулювати теорему про віріал.
- 38.* Яким розподілом ми користуємось для доведення теореми про рівномірний розподіл енергії за ступенями свободи?
- 39.* Якою функцією потрібна бути потенційна енергія взаємодії частинок?
- 40.* Що треба враховувати при підсумовуванні по всім частинкам крім їх взаємодії?
- 41.* Яку важливу особливість щодо енергії мають квантові системи?
42. Яким розподілом описується квантова система?
- 43.* У чому полягає принцип тождних мікрочастинок, що не розрізняються?
- 44.* Що таке принцип Паулі?
- 45.* Чим розрізняються ферміони і бозони?
- 46.* Що полягає в основі статистики Фермі?
47. За якими умовами статистики Фермі і Бозе переходять у статистику Больцмана?
- 48.* Записати вираз для статистики Фермі.
- 49.* Записати вираз для статистики Бозе.
- 50.* Записати вираз для термодинамічного потенціалу статистики Фермі і Бозе.

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

3.2. Модуль ЗМ-Л2

3.2.1. Повчання

Тема 4. Системи багатьох частинок. Фазові переходи другого роду.

Розчини. Осмотична теорія розчинів. Правило фаз Гібса. Фазові переходи. Теорія Ландау фазових переходів другого роду.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: число незалежних компонент системи, фазові рівноваги, термодинамічні ступені свободи системи, осмотичний тиск, формула Вант-Гоффа, точка Кюрі, параметр порядку, критичні індекси.

Література [1, 2, 3, 4, 9]

Тема 5. Кінетичні рівняння та рівняння переносу.

Принцип симетрії Онзагера. кінетичних коефіцієнтів. Термодинамічний потенціал. Лінійні співвідношення між потоками і термодинамічними силами. Кінетичне рівняння Больцмана та методи його розв'язання Н-теорема.

При вивченні теми звернути увагу на такі питання: термодинамічні сили і термодинамічні потоки, спряжені термодинамічні процеси, термомеханічний ефект, теплота перенесення, інтеграл зіткнень, рівняння переносу, фізичні значення моментів функції розподілу, число Кнудсена, метод Енскога-Чепмена.

Література [1, 2]

3.2.2. Питання для самоперевірки:

- 1.* Що називається розчином?
- 2.* Яка система називається гомогенною, а яка – гетерогенною?
- 3.* Що називається фазою?
- 4.* Який вигляд має потенціал суміши?
- 5.* Записати розподіл Гібса для систем, що складаються із різних частинок.
- 6.* Записати умови рівноваги фаз.
7. Сформулювати правило фаз Гібса.
- 8.* Що таке осмотичний тиск?
- 9.* Записати та пояснити формулу Вант-Гоффа.
- 10.* Як можна охарактеризувати фазові переходи першого та другого роду?
11. Яке трактування фазових переходів запропонував Ландау?
- 12.* Що таке параметр порядку?
13. Якому виразу пропорційний параметр порядку поблизу точки переходу?
- 14.* Яка характеристика має стрибок поблизу точки переходу?
- 15.* Що таке критичні індекси?
16. Який вигляд має рівняння хімічної реакції?
- 17.* Як виглядає умова хімічної рівноваги?
- 18.* Які бувають термодинамічні сили?
- 19.* Якщо в системі протікає одночасно кілька термодинамічних процесів, то від чого залежатиме швидкість кожного з них?
- 20.* Як можна описати процеси згідно з принципом Онзагера?
- 21.* Записати рівняння взаємності Онзагера.
22. Коли можна застосовувати рівняння взаємності Онзагера?
- 23.* Яке співвідношення існує між коефіцієнтами Онзагера?
24. Що таке термомеханічний ефект?
25. Записати вираз для теплоти перенесення.
- 26.* Що дає можливість перейти від опису нерівноважного стану функцією розподілу частинок по всіх координатах q та імпульсах p до спрощеного опису на основі одночастинної функції розподілу однієї частинки за її координатами та імпульсами?
27. Що є основним методом фізичної кінетики?
- 28.* Які елементи входять до складу кінетичного рівняння Больцмана?
- 29.* Що визначає інтеграл зіткнень?
- 30.* Записати вираз для диференціального перерізу розсіяння.
- 31.* Від чого додатково залежить функція розподілу для двоатомних молекул?
- 32.* Як називають різні узагальнення кінетичного рівняння Больцмана?
- 33.* Записати вираз для інтегралу зіткнень.
- 34.* Яким буде рішення кінетичного рівняння Больцмана для системи у рівновазі?
- 35.* У чому полягає гіпотеза про молекулярний хаос? Що вона порушує?

- 36.* Що називають Н-теоревою Больцмана?
- 37.* Записати Н-функцію та її похідну за часом.
- 38.* Чому еквівалентна Н-теоревою Больцмана?
- 39.* Записати моменти нульового, першого та другого порядку для функції розподілу та пояснити їх фізичний зміст.
- 40.* Дати скорочену характеристику одному з методів розв'язання кінетичного рівняння Больцмана.

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

3.3. Модуль ЗМ-П1

3.3.1. Повчання

Тема 1. Рух в фазовому просторі, ергодичність та стохастичність. Зв'язок розподілу Гіббса з максимумом інформаційної ентропії. Осцилятор в термостаті. Статистичні оператори комплексів частинок. Демон Максвелла та його вигнання.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див.:

[1] Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Додаткові глави статистичної фізики. Конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2017 – с.27-42. [3] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Підручник. Харків, 2017 – задачі з розділу 8, 10-13.

Тема 2. Магнетизм електронного газу. Вироджений майже ідеальний бозе-газ. Фонони в Бозе-рідині. Електронна Фермі-рідина метал. Квантові кінетичні рівняння.

Методичні вказівки та приклади розв'язування задач див.:

[1] Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Додаткові глави статистичної фізики. Конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2017 – с. 46-52. [2] Герасимов О.І. Фізична кінетика в задачах та прикладах. Одеса, ОГМІ, 1998 – с. 20-22; 28; 34.

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1. Тестові питання до модульної контрольної роботи (ЗМ-Л1)

1. Хімічний потенціал μ це –
Література [1,с.35]
2. Рівняння стану ідеального газу –
Література [1,с.18]

3. Яка величина змінюється при фазовому переході першого роду? –
Література [1,с.37]
4. Н-теорема Больцмана – це теорема про –
Література [1,с.50]
5. Фазовий простір це –
Література [1,с.4]
6. Згідно з принципом Кюри лінійний закон може зв'язувати термодинамічні сили та потоки –
Література [1,с.43-44]
7. Точка фазового простору характеризує –
Література [1,с.5]
8. Рівняння всіх процесів перенесення можуть бути виведені з –
Література [1,с.48]
9. Метод Енскога – Чепмена застосовується для розв'язання –
Література [1,с.52]
10. Яка величина змінюється при фазовому переході другого роду? –
Література [1,с.37]
11. Г-простір це –
Література [1,с.7]
12. Альтернативне формулювання теореми Ліувіля –
13. Фазова траєкторія лежить на –
Література [1,с.5]
14. Статистичний ансамбль це –
Література [1,с.6]
15. Яке рівняння називають рівнянням стану системи?
Література [1,с.18]

4.2. Тестові питання до модульної контрольної роботи (ЗМ-Л2)

1. Потенціал міжатомної взаємодії для одноатомного газу має характерний вигляд –
Література [1,с.21]
2. Вираз для вільної енергії ϵ –
Література [1,с.14]
3. Вираз для повної функції розподілу –
Література [1,с.5-6]
4. Рівняння стану неідеального газу виводиться на підставі виразу –
Література [1,с.19-21]
5. Яку важливу особливість щодо енергії мають квантові системи?
Література [1,с.28]
6. Принцип Паулі це –
Література [1,с.28]
7. Принцип еквівалентності рівноважних ансамблів полягає –
Література [1,с.9]

8. Не флуктуїрують в мікроканонічному ансамблі величини –
Література [3,с.42]
9. Розподіл Максвелла – Больцмана характеризує –
Література [1,с.18-19]
10. Термостатом називають систему, яка –
Література [1,с.10]
11. Квантовий об'єм ідеального газу це –
Література [3,с.75]
12. Бозе-конденсація це –
Література [1,с.31]
13. Умова, за якої визначається термодинамічний потенціал –
Література [1,с.16]
14. Барометрична формула це –
Література [1,с.19]
15. Формула Ейнштейна для ймовірності флуктуації в замкненій системі –
Література [3,с.131]

4.3 Тестові питання до залікової контрольної роботи

1. Яким розподілом ми користуємось для доведення теореми про рівномірний розподіл енергії за ступенями свободи? –
Література [1,с.25]
2. Час кореляції це –
Література [3,с.135]
3. На якій поверхні лежить фазова траєкторія? –
Література [1,с.5]
4. Що треба враховувати при підсумуванні по всім частинкам, крім їх взаємодії? –
Література [1,с.27]
5. Чим розрізняються ферміони і бозони? –
Література [1,с.29]
6. Фізичний зміст поправок у рівнянні Ван-дер-Ваальса полягає –
Література [1,с.24]
7. Що таке статистичний ансамбль? –
Література [1,с.6]
8. У чому полягає принцип еквівалентності рівноважних ансамблів? –
Література [1,с.8-9]
9. Як зв'язані вільна енергія і статистичний інтеграл? –
Література [1,с.15]
10. За якими умовами статистики Фермі і Бозе переходять у статистику Больцмана?
Література [1,с.30]
11. Що описує барометрична формула? –
Література [1,с.19]

12. За якими умовами статистики Фермі і Бозе переходять у статистику Больцмана? –
Література [1,с.30]
13. Вираз для термодинамічного потенціалу статистики Фермі і Бозе –
Література [1,с.31]
14. Γ – простір це –
Література [1,с.7]
15. Термомеханічний ефект це –
Література [1,с.45]
16. Основним методом фізичної кінетики є –
Література [1,с.46]
17. До складу кінетичного рівняння Больцмана входять елементи –
Література [1,с.46-47]
18. Значення $f(\epsilon)$ на рівні Фермі дорівнює –
Література [3,с.45-46]
19. Електронний газ описується статистикою –
Література [1,с.33]
20. Умови рівноваги двох фаз для двокомпонентної системи –
Література [3,с.117-118]
21. Молекулярне поле в магнітних речовинах є –
Література [3,с.120]
22. Приклади параметрів порядку при фазових переходах другого роду –
Література [3,с.122-123]
23. Кінетичні коефіцієнти це –
Література [3,с.136]
24. Теорема Онзагера це –
Література [3,с.138]
25. Потенціал суміші має вигляд –
Література [1,с.35]
26. Осмотичний тиск це –
Література [1,с.37]
27. В основі принципу детальної рівноваги лежить –
Література [3,с.148]
28. Рівняння стану повністю виродженого фермі-газу
Література [1,с.33]
29. Рівняннями Власова описуються системи –
Література [3,с.149]
30. Формула Ейнштейна для коефіцієнтів дифузії –
Література [3,с.151]
31. Перейти від опису нерівноважного стану функцією розподілу частинок по всіх координатах q та імпульсах p до спрощеного опису на основі одночастинкової функції розподілу однієї частинки за її координатами та імпульсами дає можливість –
Література [1,с.46-47]

32. Фізичний зміст моментів нульового, першого та другого порядку для функції розподілу –
Література [1,с.51]
33. Вираз для вільної енергії ϵ –
Література [1,с.14]
34. Вираз для повної функції розподілу –
Література [1,с.5-6]
35. Рівняння стану неідеального газу виводиться на підставі виразу –
Література [1,с.19-21]
36. Яку важливу особливість щодо енергії мають квантові системи?
Література [1,с.28]
37. Принцип Паулі це –
Література [1,с.28]
38. Принцип еквівалентності рівноважних ансамблів полягає –
Література [1,с.9]
39. Згідно з принципом Кюри лінійний закон може зв'язувати термодинамічні сили та потоки –
Література [1,с.43-44]
40. Точка фазового простору характеризує –
Література [1,с.5]

5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література

1. Герасимов О.І., Кудашкіна Л.С. Додаткові глави статистичної фізики. Конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2017, 59с.
2. Герасимов О.І. Фізична кінетика в задачах та прикладах. Одеса, ОГМІ, 1998, 89с.
3. Аминов Л.К. Термодинамика и статистическая физика. Конспекты лекций и задачи. Казань: Казан. ун-т, 2015, 180с.
4. Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Підручник. Харків: ФОП Панов А.М., 2017. 564с.
5. <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/1270/>

Додаткова література.

6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.. Механика. Теоретическая физика, т.1 (1958), Москва: Госиздат., 206 с.
7. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Задачи по термодинамике и статистической физике. М., 1997, 352 с.

8. Пикулин В. П., Похожаев С. И.. Практический курс по уравнениям математической физики. 2-е изд. М.: МЦНМО, 2004, 208 с.
9. Герасимов, О. І. та Кудашкіна, Л. С. (2018) Окремі розділи статистичної фізики для системної радіоекології: Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни. ОДЕКУ, Одеса.
<http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/1271/>

Е-курс «Окремі розділи фізики-3» містить лекційний матеріал, задачі та методичні вказівки для їх розв'язання. Курс доступний за посиланням:
<http://dpt12s.odetu.edu.ua/course/view.php?id=14>