

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра молекулярної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹

Фізика газів та рідин

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма Фізика
(назва освітньої програми)
спеціалізований
вибірковий блок Фундаментальна медична фізика
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2021/2022</u>
Семестр	<u>7</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>7</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>екзамен</u>

Викладачі: доцент Вербінська Галина Миколаївна, доцент Григор'єв Андрій Миколайович
(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 2011/2023 н.р.  (підпис, ПІБ, дата) «20» 08 2022р.

на 20__/20__ н.р. _____ («____») «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ («____») «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники²:

Вербінська Галина Миколаївна, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри молекулярної фізики,
Григор'єв Андрій Миколайович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент
кафедри молекулярної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

(підпис)

(Булавін Л.А.)

(прізвище та ініціали)

Протокол №__ від « » _____ 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії _____

(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – є оволодіння сучасними експериментальними методами дослідження молекулярної структури та фізичних властивостей газів і рідин; методами термодинаміки, гідродинаміки, статистичної фізики, комп'ютерного моделювання, теоретичними положеннями та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретуванні результатів експериментів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати і вміти застосовувати методи математичного аналізу та лінійної алгебри в межах відповідних курсів, що читаються на фізичному факультеті.
2. Знати і вміти застосовувати закони рівноважної та нерівноважної термодинаміки.
3. Знати і вміти застосовувати методи класичної статистичної механіки рівноважних систем.
4. Знати і вміти застосовувати закони оптики в межах відповідних курсів, що читаються на фізичному факультеті.
5. Знати і вміти застосовувати закони атомної фізики в межах відповідних курсів, що читаються на фізичному факультеті.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Фізика газів та рідин» розглядаються термодинамічна та статистична теорія рідкого та газоподібного стану речовини та експериментальні методи дослідження рівноважних і нерівноважних властивостей газів та рідин. Метою вивчення дисципліни є оволодіння сучасними експериментальними методами дослідження молекулярної структури та фізичних властивостей газів і рідин; методами термодинаміки, гідродинаміки, статистичної фізики, комп'ютерного моделювання, теоретичними положеннями та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретуванні результатів експериментів. Навчальна задача курсу полягає в розширенні теоретичних знань та розвитку практичних умінь студентів щодо експериментальних методів визначення основних фізичних характеристик газів та рідин. Результати навчання полягають в умінні логічно і послідовно формулювати основні принципи і закони термодинаміки та статистичної фізики газів та рідин, що дозволить самостійно описувати та аналізувати експериментальні залежності та працювати з літературою по фізиці газів та рідин, аналізувати комп'ютерні програми, знаходити необхідні дані у довідниках, робити оцінюючі передбачення. Методи викладання: лекції та консультації. Методи оцінювання: перевірка домашніх завдань, опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – розширення теоретичних знань та розвитку практичних умінь студентів щодо експериментальних методів визначення основних фізичних характеристик газів та рідин.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Фахових:

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1	Знання сучасних експериментальних методів дослідження газів та рідин.	лекції	Модульна контрольна робота	10
2.1	Вміти логічно і послідовно формулювати основні принципи і закони термодинаміки та статистичної фізики для дослідження рівноважних і нерівноважних властивостей газів та рідин.	лекції	Модульна контрольна робота	10
1.2	Знання сучасних методів комп'ютерного моделювання газів та рідин.	лекції	Модульна контрольна робота	10
1.3	Знання основних положень методу Майєра для обчислення термодинамічних властивостей реального газу.	лекції	Модульна контрольна робота	10
2.2	Вміти аналізувати експериментальні дані по розсіянню світла з метою отримання інформації про молекулярні характеристики.	лекції	Модульна контрольна робота	10
2.3	Вміти аналізувати експериментальні дані по розсіянню рентгенівських променів з метою отримання інформації про молекулярну структуру рідин.	лекції	Модульна контрольна робота	10
1.4	Знання основних положень методу функцій розподілу для обчислення молекулярної структури та термодинамічних властивостей рідин.	лекції	Модульна контрольна робота	10
1.5	Знання основних модельних теорій газоподібного та рідкого стану речовини.	лекції	Модульна контрольна робота	10
2.4	Вміння аналізувати експериментальні дані по калоричним та пружним властивостям газів та рідин з метою отримання інформації про молекулярні характеристики.	лекції	Модульна контрольна робота	10
2.5	Вміння самостійно працювати з літературою по фізиці газів та рідин, знаходити необхідні дані у довідниках,	лекції	Модульна контрольна робота	10

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

робити оцінюючі передбачення.			
-------------------------------	--	--	--

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
	Програмні результати навчання									
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії	+	+	+	+	+	+				
ПРН2. Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.		+	+	+	+		+	+	+	+
ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.				+	+				+	+
ПРН8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.								+		+

7. Структура курсу

Курс складається з 4-х змістових модулів: «Рівняння стану реальних газів та їх сумішей. Основні термодинамічні характеристики газів», який включає в себе 9 лекцій, «Явища переносу в газах», який включає в себе 6 лекцій, «Рівноважні властивості рідин. Метод функцій розподілу», який включає в себе 13 лекцій, та «Наближені теоретичні та експериментальні методи вивчення рівноважних і нерівноважних властивостей рідин», який включає в себе 13 лекцій.

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Міп. – рубіжної та Мах. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (5 балів-9 балів). Виконання домашніх завдань (2 бали-3 бали). Усна відповідь (2 бали-3 бали).
2. Модульна контрольна робота 2 (5 балів-9 балів). Виконання домашніх завдань (2 бали-3 бали). Усна відповідь (2 бали-3 бали).
3. Модульна контрольна робота 3 (5 балів-9 балів). Виконання домашніх завдань (2 бали-3 бали). Усна відповідь (2 бали-3 бали).
4. Модульна контрольна робота 4 (5 балів-9 балів). Виконання домашніх завдань (2 бали-3 бали). Усна відповідь (2 бали-3 бали).

- підсумкове оцінювання у формі екзамену

Підсумкове оцінювання у формі екзамену³: (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	ЗМ3/Частина 3 (за наявності)	ЗМ4/Частина 4 (за наявності)	екзамен	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>24</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>15</u>	<u>15</u>	<u>15</u>	<u>15</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

у випадку комплексного екзамену слід вказати питому вагу складових

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.⁴

(слід чітко прописати умови, які висуваються викладачами даної дисципліни).

Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Epic Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

³ Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (**100 балів** - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **60 балів (60%) – семестровий контроль і 40 балів (40%) – екзамен**).

⁴ У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практич ні	самостійн а робота
Частина 1. Рівняння стану реальних газів та їх сумішей. Основні термодинамічні характеристики газів				
1	<p>Тема 1. Вступ. Ідеальний та реальний гази. Основні термодинамічні характеристики</p> <p>Предмет і задачі спецкурсу «Фізика газів». Ідеальний та реальний гази, їх термодинамічні характеристики. Основні закони термодинаміки. Розподіли Максвелла і Больцмана. Барометрична формула. Потенціали міжмолекулярної взаємодії.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання.</p>	2		2
2	<p>Тема 2. Рівняння стану реальних газів.</p> <p>Емпіричні рівняння стану реальних газів. Одержання рівняння стану індивідуальних реальних газів за допомогою методу статсум. Другий віріальний коефіцієнт для різних моделей потенціалу (модель твердих сфер, модель Сюзерленда, потенціал Леннарда-Джонса).</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		2
3	<p>Тема 3. Рівняння Ван-дер-Ваальса та його аналіз</p> <p>Рівняння Ван-дер-Ваальса та його аналіз. Зв'язок констант Ван-дер-Ваальса з віріальними коефіцієнтами. Ізотерми реального газу та ізотерми Ван-дер-Ваальса. Правило Максвелла, правило важеля. Закон відповідних станів. Температура Бойля. Критична температура.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
4	<p>Тема 4. Рівняння стану газових сумішей</p> <p>Рівняння стану газових сумішей. Константи Ван-дер-Ваальса для газових сумішей. Другий віріальний коефіцієнт для сумішей газів.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3

5	<p>Тема 5. Теорія Майєра реальних газів Основні положення теорії Майєра реальних газів. Схема одержання рівняння стану. Групові та незвідні інтеграли в теорії Майєра реальних газів. Конфігураційний інтеграл в теорії Майєра реальних газів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
6	<p>Тема 6. Теплоємність ідеального та реального газів. Термодинамічна теорія теплоємності. Теплоємність ідеального та реального газів. Зв'язок теплоємностей C_p і C_v. Експериментальні методи визначення теплоємності C_v, C_p і γ. Термодинамічна теорія теплоємності реальних газів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
7	<p>Тема 7. Статистична теорія теплоємності. Температурна залежність теплоємності двохатомного газу. Статистична теорія теплоємності. Температурна залежність теплоємності двохатомного газу. Порівняння результатів термодинамічної та статистичної теорій теплоємності. Встановлення зв'язку теплоємностей C_p і C_v з другим віріальним коефіцієнтом. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
8	<p>Тема 8. Швидкість поширення звуку в газах. Феноменологічна теорія поширення звуку в газах. Зв'язок швидкості звуку з адіабатичною та ізотермічною стисливістю. Залежність швидкості поширення звуку в газах від тиску та температури. Коефіцієнт поглинання. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
9	<p>Тема 9. Експериментальні методи вимірювання швидкості та поглинання ультразвуку в газах. Експериментальні методи вимірювання швидкості та поглинання ультразвуку в газах: інтерферометр Пірсона, оптичний метод, імпульсний метод, резонансний метод. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
	<i>Контрольна робота 1</i>		2	
Частина 2. Явища переносу в газах				
10	<p>Тема 10. Явища переносу в газах. Загальне рівняння переносу. Зв'язок між коефіцієнтами переносу. Середня довжина вільного пробігу в газах. Довжина вільного пробігу молекул в суміші газів. Явища переносу в газах. Загальне рівняння переносу. Зв'язок між коефіцієнтами переносу. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
11	<p>Тема 11. В'язкість газів. Розрахунок коефіцієнта динамічної в'язкості для неполярних та полярних газів. В'язкість газів. Розрахунок коефіцієнта динамічної в'язкості для неполярних та полярних газів. Залежність коефіцієнту динамічної в'язкості від тиску та температури. Визначення</p>	2		3

	<p>константи Сюзерленда з експериментів по дослідженню в'язкості. Використання теорії відповідних станів для визначення температурної залежності в'язкості газів при нормальному тиску. Експериментальні методи вимірювання в'язкості газів.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>			
12	<p>Тема 12. Теплопровідність газів та газових сумішей. Розрахунок теплопровідності одноатомних та багатоатомних газів.</p> <p>Теплопровідність в газах на основі молекулярно-кінетичної теорії. Залежність коефіцієнта теплопровідності від тиску та температури. Експериментальні методи визначення коефіцієнту теплопровідності в газах. Розрахунок теплопровідності одноатомних та багатоатомних газів. Визначення значень критерію Прандтля.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
13	<p>Тема 13. Дифузія в газах. Рівняння нестационарної дифузії та нестационарної теплопровідності в газах. Термодифузія в газах.</p> <p>Дифузія в газах. Коефіцієнт самодифузії та взаємодифузії у випадку стаціонарної дифузії в газах. Рівняння нестационарної дифузії та нестационарної теплопровідності в газах. Час релаксації концентрації при нестационарній дифузії. Термодифузія в газах. Приклади її практичного використання.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
14	<p>Тема 14. Використання елементів термодинаміки необернених процесів до явищ переносу в газах. Коефіцієнти Онзагера.</p> <p>Використання елементів термодинаміки необернених процесів до явищ переносу в газах. Коефіцієнти Онзагера. Приклади використання теорії Онзагера для явищ переносу в газах (термодифузія, електрокінетичні явища та ін.).</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
15	<p>Тема 15. Поширення світла в газах.</p> <p>Теорії розсіяння світла Релея та Мандельштама. Індикатриси розсіяння. Розсіяння світла стиснутими газами і рідинами. Врахування інтенсивності світла, розсіяного на флуктуаціях анізотропії. Критична опалесценція.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
	Контрольна робота 2		2	
Частина 3. Рівноважні властивості рідин. Метод функцій розподілу				
16	<p>Тема 16. Рідкий стан речовини.</p> <p>Рідкий стан речовини. Класифікація рідин і рідинних систем. Міжмолекулярні сили та модельні потенціали. Характер теплового руху молекул в рідині. Огляд експериментальних методів дослідження рідинних систем.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		2

17	<p>Тема 17. Молекулярна структура рідин. Експериментальне визначення. Молекулярна структура рідин. Методи експериментального дослідження структури. Функція радіального розподілу атомної густини $\rho(r)$. Ближнє впорядкування. Структурні характеристики Z та R. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		2
18	<p>Тема 18. Молекулярна структура рідин при різних параметрах стану. Зміна структури при плавленні речовини. Вплив термодинамічних параметрів T і p на структуру. Зв'язок $\rho(r)$ з бінарною функцією розподілу густини ймовірності певного положення 2-х частинок $g_2(r)$. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
19	<p>Тема 19. Метод функцій розподілу як метод теоретичного дослідження молекулярної структури рідин. Теоретичні методи дослідження молекулярної структури. Корелятивні функції різного порядку $g_s(q_1, q_2, \dots, q_s)$. Зв'язок $g_s(q_1, q_2, \dots, q_s)$ з функцією густини ймовірностей різних статистичних станів Гіббса $\rho_N(q_1, q_2, \dots, q_N)$. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
20	<p>Тема 20. Зв'язок функцій розподілу з термодинамічними характеристиками. Рівняння стану. Середні значення унарно- та парноадитивних величин. Внутрішня енергія. Рівняння стану. Вираз для тензора напружень. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
21	<p>Тема 21. Зв'язок функцій розподілу з термодинамічними характеристиками. Теорема про стисливість. Флуктуація числа частинок в об'ємі. Теорема про стисливість. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
22	<p>Тема 22. Зв'язок функцій розподілу з термодинамічними характеристиками. Ентропія. Пружні властивості рідин. Ентропія. Пружні властивості рідин. Адіабатичний модуль пружності. Модуль «миттєвого» зсуву. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
23	<p>Тема 23. Зв'язок функцій розподілу з термодинамічними характеристиками. Хімічний потенціал. Метод Кірквуда поступового включення взаємодії. Метод Вайдома. Потенціал середньої сили. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
24	<p>Тема 24. Рівняння ББГКІ для функцій розподілу. Теорія ББГКІ. Система інтегро-диференціальних рівнянь для $g_s(q_1, q_2, \dots, q_s)$. Умова ослаблення кореляцій. Розв'язок системи інтегро-диференціальних рівнянь для $g_s(q_1, q_2, \dots, q_s)$ у випадку малої густини системи. Фізичний зміст розв'язку. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання</p>	2		3
25	<p>Тема 25. Суперпозиційне наближення Кірквуда.</p>	2		3

	Суперпозиційне наближення Кірквуда для корелятивних функцій. Аналіз похибки визначення $g_2(r)$ в цьому наближенні для потенціальних моделей жорстких сфер та Леонарда-Джонса. Розв'язок інтегро-диференціального рівняння для $g_2(r)$ в суперпозиційному наближенні. Фізичний зміст цього розв'язку. Порівняння результатів розрахунку з експериментом. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання			
26	Тема 26. Рівняння Орнштейна-Церніке. Теорія Перкуса-Йєвіка. Повна $h(r)$ та пряма $c(r)$ корелятивні функції. Їх залежність від g . Зв'язок між $h(r)$ та $c(r)$. Метод функціонального розкладу. Рівняння для $g_2(r)$ в теорії Перкуса-Йєвіка. Фізичний зміст розв'язків. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
27	Тема 27. Метод зв'язаних діаграм. Зв'язані діаграми. Особливості діаграм. Діаграмний розклад корелятивних функцій $h(r)$, $c(r)$ та $\omega(r)$. Фізичний зміст розв'язків. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
28	Тема 28. Рівняння де Бура і Ван Леевена. Рівняння де Бура і Ван Леевана. Рівняння для $g_2(r)$ наближення Перкуса-Йєвіка та надзаплутаних ланцюгів. Фізичний зміст розв'язків. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
	<i>Контрольна робота 3</i>		2	
Частина 4. Наближені теоретичні та експериментальні методи вивчення рівноважних і нерівноважних властивостей рідин.				
29	Тема 29. Рівняння стану системи твердих сфер. Рівняння Перкуса-Йєвіка для системи твердих сфер. Розв'язок інтегрального рівняння. Проблема термодинамічної узгодженості. Рівняння стану Карнахана-Старлінга. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
30	Тема 30. Метод масштабної частинки. Функція розподілу «дірок». Робота по створенню «дірки». Енергія сольватації в системі твердих сфер. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
31	Тема 31. Термодинамічна теорія збурень. Ідея Ван-дер-Ваальса. Термодинамічна теорія збурень у першому порядку. Теорія Баркера-Хендерсона. Теорія Уїкса-Чандлера-Андерсона. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
32	Тема 32. Модельні теорії рівняння стану рідин. Коміркова теорія Леннарда-Джонса і Девоншайра. Конфігураційний інтеграл системи. Вільний об'єм. Енергія середнього поля. Рівняння стану Леннарда-Джонса і Девоншайра, область його застосування.	2		3

	с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання			
33	Тема 33. Рівняння стану Ейрінга. Рівняння стану Ейрінга та область його застосування. Порівняння результатів теорії та експерименту. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
34	Тема 34. Діркові теорії рівняння стану рідин. Дірка в теорії Френкеля Я.І. Рівняння стану Френкеля Я.І. Діркові варіанти коміркових теорій Оно, Чернуші, Пікка, Хілла. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
35	Тема 35. Експериментальні методи та результати дослідження рівняння стану рідин. Методи експериментальної термодинаміки. Методи р-V-T дослідження рідин. Фактор стиснення рідин та його залежність від p і T . с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		2
36	Тема 36. Напівемпіричні рівняння стану рідин. Ізотермічні малопараметричні рівняння стану. Рівняння стану Гейта. Фізичний зміст його констант. Їх залежність від молекулярної структури. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		2
37	Тема 37. Методи молекулярної динаміки та Монте-Карло як основні методи комп'ютерного моделювання у фізиці рідин. Фізичні основи методу Монте-Карло. Фізичні основи методу Монте-Карло. Гіпотеза ергодичності. Періодичні граничні умови. Визначення положення частинок основної комірки. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
38	Тема 38. Фізичні основи методу молекулярної динаміки. Методи наближеного інтегрування рівняння руху частинок основної комірки. Розрахунок внутрішньої енергії, рівняння стану та бінарної функції розподілу методами Монте-Карло та молекулярної динаміки. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
39	Тема 39. Стисливість та теплове розширення рідин та рідинних систем. Коефіцієнти ізотермічної та адіабатичної стисливості та теплового розширення та їх залежність від тиску і температури та молекулярної будови. Результати експериментального дослідження та їх порівняння зі статистичними та модельними теоріями. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
40	Тема 40. Кінетичні коефіцієнти рідин. Коефіцієнт само- та взаємної дифузії рідин. Методи дослідження коефіцієнтів самодифузії та взаємної дифузії рідин. Їх залежність від температури та тиску та молекулярної структури рідин. Опис коефіцієнтів дифузії в нерівноважній статистичній механіці та в модельних теоріях. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3

	завдання			
41	Тема 41. Коефіцієнт зсувної в'язкості рідин. Методи дослідження коефіцієнта зсувної в'язкості рідин. Результати теоретичного, експериментального досліджень та комп'ютерного експерименту. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
42	Тема 42. Теплопровідність рідин. Методи дослідження теплопровідності рідин. Результати теоретичного, експериментального досліджень та комп'ютерного експерименту. Механізми переносу теплової енергії в рідинах. Залежність коефіцієнта теплопровідності від тиску і температури та молекулярної будови. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3
	<i>Контрольна робота 4</i>	2		
	ВСЬОГО	84		120

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 210 год.⁵, в тому числі:

Лекцій – **84** год.

Семінари – **0** год.

Практичні заняття - **0** год.

Лабораторні заняття - **0** год.

Тренінги - **0** год.

Консультації - **6** год.

Самостійна робота - **120** год.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁶:

Основна: (Базова)

1. Schirmacher W. Theory of liquids and other disordered media. A short introduction. – Lecture notes in Physics. Volume 887. – Springer International Publishing Switzerland 2015. – 167 p.
2. Адаменко І.І., Булавін Л.А. Фізика рідин та рідинних систем. – К.: АСМІ, 2006. – 660 с.
3. Булавін Л.А., Вербінська Г.М., Гаврюшенко Д.А. Фізика газів. – К., 2021. – 297 с.

Додаткова:

4. Hirata Fumio. Exploring life phenomena with statistical mechanics of molecular liquids. – CRC Press, 2020. – 299 p.
5. Kjellander R. Statistical mechanics of liquids and solutions. Intermolecular forces, structure and surface interactions. Volume 1. – CRC Press, 2019. – 497 p.

⁵ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

⁶ В тому числі Інтернет ресурси