



Загальна фізика.

Частина 2. Молекулярна фізика

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>104 Фізика та астрономія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерне моделювання фізичних процесів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>7 кредитів / 210 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i>час і місце проведення аудиторних занять викладені на сайті http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лекції: доктор фізико-математичних наук, професор Горшков В'ячеслав Миколайович, e-mail: vn.gorshkov@gmail.com; практичні та лабораторні заняття: канд. пед. наук, доцент Матвійчук Олексій Васильович, e-mail: o.matviychuk@kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського, Навчальна платформа кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів http://physics.zfft.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Молекулярна фізика – розділ фізики, який вивчає будову та властивості речовин виходячи з молекулярно-кінетичних уявлень, що ґрунтуються на тому, що всі тіла складаються з молекул (атомів), що перебувають у безперервному хаотичному русі. Закономірності в поведінці макроскопічних систем, які залежать від властивостей частинок системи, особливостей їх руху та усереднених значень динамічних характеристик, вивчаються статистичними методами.

Метою дисципліни «Загальна фізика. Частина 2. Молекулярна фізика» є формування у студентів матеріалістичного світогляду, засвоєння фізичних законів і вміння використовувати їх для пояснення явищ природи на молекулярному рівні, набуття досвіду в проведенні відповідних експериментальних досліджень, аналізі результатів спостережень та модельних даних, побудові фізичних моделей, розуміння поточних проблем в інших галузях науки і техніки та

формування наступних компетентностей (відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів» першого «бакалаврського» рівня вищої освіти за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК9. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

ФК4. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

ФК6. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.

ФК7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

ФК8. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.

ФК9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

ФК10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

ФК11. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень.

ФК13. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

ФК14. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

ФК15. Дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

В наслідок вивчення навчальної дисципліни студенти набудуть таких загальних **програмних результатів навчання:**

ПРН 1. 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/або 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.

ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

- ПРН4. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.
- ПРН5. Знати, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.
- ПРН7. Знати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.
- ПРН8. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.
- ПРН9. 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.
- ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів
- ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.
- ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.
- ПРН16. Вміти самостійно навчатися та підвищувати рівень своєї кваліфікації.
- ПРН17. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.
- ПРН18. Вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.
- ПРН19. Вміти пояснити місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство, у розвитку суспільства, техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.
- ПРН21. Вміти самостійно приймати рішення стосовно своєї освітньої траєкторії та професійного розвитку.
- ПРН24. Вміти використовувати знання з техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, правила захисту персоналу від дії чинників, небезпечних для здоров'я людини.
- ПРН25. Вміти проводити теоретичні або експериментальні наукові дослідження що виконуються індивідуально або у складі наукової групи.
- ПРН26. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення даної дисципліни базується на освітніх компонентах «Математичний аналіз. Частина 2» та «Загальна фізика. Частина 1. Механіка», які студенти опановують під час навчання на першому курсі. Результати навчання, отримані при вивченні курсу молекулярної фізики, використовуються в освітніх компонентах «Загальна фізика. Частина 3. Електрика та магнетизм», «Загальна фізика. Частина 4. Оптика», «Загальна фізика. Частина 5. Фізика атома», «Теоретична фізика. Електродинаміка», «Теоретична фізика. Квантова механіка», «Теоретична фізика. Термодинаміка та статистична фізика», «Педагогічна практика», «Астрофізика / Фізика всесвіту».

При вивченні динамічних явищ в термодинамічних системах студенти отримають досвід в побудові математичних моделей фізичних процесів на основі системи диференціальних рівнянь для їх характеристик. Вони також будуть ознайомлені з деякими поняттями квантової механіки при аналізі відхилень в поведінці реальних газів в порівнянні з ідеальним газом, що підготує їх для подальшого поглибленого вивчення квантових ефектів.

3. Зміст навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 210 годин/ 7 кредитів ECTS.

Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Всього		Розподіл навчального часу за видами занять						Семестрова атестація
	кредитів	годин	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	СРС			
						Підготовка до екзамену	МКР	Підготовка до занять	
Денна	7	210	72	36	18	30	10	44	екзамен

Дисципліна «Загальна фізика. Частина 2. Молекулярна фізика» включає наступні теми:

Тема 1. Предмет молекулярної фізики. Молекулярні сили. Зв'язок властивостей речовини з атомномолекулярною структурою. Методика статистичного опису системи, що складається з величезного числа частинок. Мікростани і макростани статистичної системи й співвідношення між ними.

Тема 2. Ідеальний газ як модель найпростішої статистичної системи. Вираз тиску газу через середню кінетичну енергію. Рівняння Менделєєва-Клапейрона.

Тема 3. Ідеальний газ як термометричне тіло; шкала температур. Газодинамічне тлумачення абсолютної температури. Стала Больцмана. Вимірювання макроскопічних параметрів газу.

Тема 4. Закони ідеального газу. Поняття парціального тиску. Закон Дальтона.

- Тема 5. Швидкості молекул газу. Броунівський рух. Барометрична формула. Розподіл Больцмана за енергіями.
- Тема 6. Основні поняття теорії ймовірності. Статистична незалежність подій. Додавання ймовірностей. Множення ймовірностей. Густина ймовірності для безперервної випадкової змінної. Густина розподілу молекул по компонентам швидкості. Обчислення статистичних параметрів випадкової величини.
- Тема 7. Розподіл Максвелла молекул по швидкостям. Середні та найймовірніші швидкості молекул. Закон розподілу молекул за швидкостями та атмосфери планет. Експериментальна перевірка закону розподілу.
- Тема 8. Внутрішня енергія ідеального газу. Кількість теплоти. Механічний еквівалент теплоти. Робота ідеального газу при зміні його об'єму. Перший закон термодинаміки.
- Тема 9. Теплоємність ідеальних газів. Закон рівнорозподілу по степеням свободи. Обертальні та коливальні степені свободи. Теплоємність двох-трьох-атомних молекул.
- Тема 10. Залежність теплоємності ідеального газу від температури. Прояв квантових ефектів в залежності теплоємності водню від температури.
- Тема 11. Оборотні та необоротні, рівноважні та нерівноважні процеси. Розширення газу в пустоту. Адіабатичний та політропний процеси.
- Тема 12. Модель газу з неточковими молекулами. Середня швидкість, середня частота зіткнень, середня довжина вільного пробігу, поперечний газокінетичний переріз, їх експериментальне визначення. Розсіювання молекулярного пучка.
- Тема 13. Процеси переносу у газах. Фізична суть процесів переносу - дифузія, теплопровідність і внутрішнє тертя. Вираз коефіцієнтів дифузії, теплопровідності й в'язкості через величини, що характеризують молекулярний рух. Зв'язок між коефіцієнтами. Термодифузія в суміші газів.
- Тема 14. Циклічні термодинамічні процеси. Другий закон термодинаміки. Цикл Карно як модель ідеальної теплової машини, його ККД.
- Тема 15. Зворотний цикл Карно. Холодильна машина. Перша та друга теореми Карно. Реальні цикли в теплових двигунах.
- Тема 16. Ентропія в класичній термодинаміці. Ентропія як функція стану. Обчислення зміни ентропії в основних різновидах термодинамічних процесів. Нерівність Клаузіуса. Методика обчислення зміни ентропії в необоротних процесах.
- Тема 17. Зв'язок ентропії і термодинамічної ймовірності. Визначення ентропії в статистичній фізиці, формула Больцмана. Закон зростання ентропії в замкнутих системах. Зв'язок похідних ентропії з реально вимірювальними термодинамічними величинами.
- Тема 18. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Границі застосування другого закону термодинаміки. Демон Максвелла та «теплова смерть» Всесвіту. Теорема Нернста і висновки із неї. Недосяжність абсолютного нуля температури
- Тема 19. Відхилення стану газів від ідеальності. Дослідницькі ізотерми Амага. Міжмолекулярні взаємодії як причина відхилення поведінки реальних газів від законів ідеального газу. Найпростіші потенціали міжмолекулярної взаємодії. Водневий зв'язок.
- Тема 20. Рівняння Ван-дер-Ваальсу і його аналіз. Метастабільні стани. Фізичний зміст сталих Ван-дер-Ваальса. Зведене рівняння Ван-дер-Ваальсу. Закон відповідних станів.

- Тема 21. Термодинамічні потенціали: ентальпія, вільна енергія Гельмгольца, вільна енергія Гіббса. Фізичний сенс похідних термодинамічних потенціалів. Динаміка термодинамічних потенціалів при встановленні рівноваги.
- Тема 22. Фази як різні агрегатні стани речовини. Умова рівноваги фаз Гіббса. Трійні точки.
- Тема 23. Стани рівноваги насиченої пари і рідини, що з нею знаходиться в контакту. Фазові перетворення першого роду. Рівняння Клайперона-Клаузіса. Критична точка.
- Тема 24. Метастабільні стани. Перегріта та переохолоджена рідина. Пересичений пар. Плавлення та кристалізація. Випаровування твердих тіл. Аналіз рівноваги фаз поблизу трійної точки для води.
- Тема 25. Фізика слабких розчинів. Закон Рауля для ідеального розчину та відхилення від цього закону для неідеальних розчинів. Зниження температури кристалізації та підвищення температури кипіння розчинів.
- Тема 26. Ендотермічні та екзотермічні реакції при розчиненні та їх зв'язок зі зміною загального об'єму розчину. Принцип Ле-Шательє та приклади його застосування.
- Тема 27. Осмотичний тиск. Отримання співвідношення Вант-Гоффа для осмотичного тиску. Роль прояву осмосу в діяльності живих організмів та рослин.
- Тема 28. Внутрішня енергія неідеального газу. Теплоємність неідеальних газів.
- Тема 29. Ефект Джоуля-Томпсона. Механізми охолодження та нагріву неідеального газу за пористою мембраною. Обчислення температури інверсії.
- Тема 30. Зрідження газів з використанням ефекту Джоуля - Томсона (метод Лінде). Зрідження газів методом адіабатного розширення у детандерах (метод Клоду). Деякі властивості зріджених газів
- Тема 31. Наднизькі температури. Властивості речовини за низьких температур. Рідкий гелій
- Тема 32. Явища на вільній поверхні рідини. Умови рівноваги на межі двох рідин і на межі рідина і тверде тіло. Змочування. Тиск під скривленою поверхнею рідини. Формула Лапласа.
- Тема 33. Капілярні явища. Їх використання в техніці та побуті. Залежність коефіцієнту поверхневого натягу рідини від температури та наявності в ній домішок. Термодинаміка поверхневого натягу.
- Тема 34. Нестійкість Релея циліндричного струменя рідини та його розпад на краплі. Утворення крапель-сателітів. Динаміка течій рідини на кінці рідкого струменя.
- Тема 35. Залежність тиску насиченої пари над кривою поверхнею. Ефект Оствальда. Густина поверхневої енергії на кристалічній грані. Визначення анізотропії цієї густини методом підрахунку розірваних зв'язків. Ефект Освальду в системі кристалічних наночастинок.
- Тема 36. Фазові переходу другого роду. Фізичне значення стрибків похідних другого порядку термодинамічного потенціалу Гіббса. Приклади фазових переходів другого роду (перехід парамагнетик-ферромагнетик, перехід в надпровідний стан, виникнення надплинності в рідкому гелії)

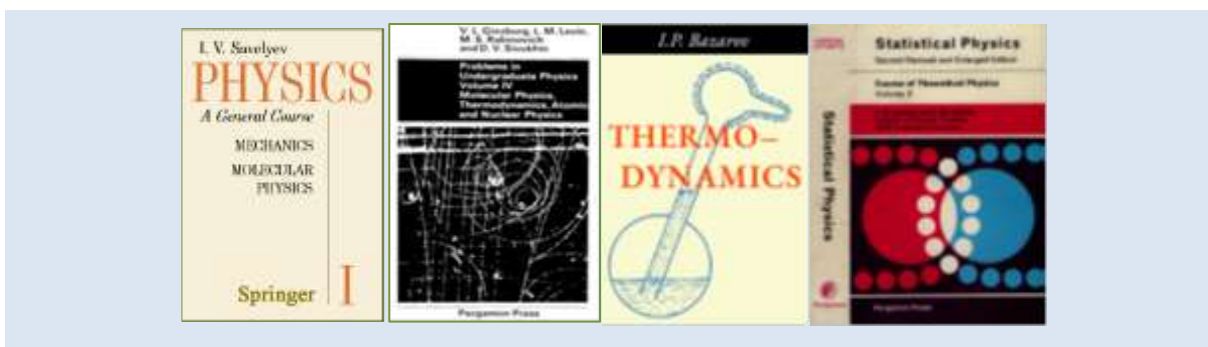
4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Шкурдода Ю. О., Пасько О. О., Коваленко О. А. Молекулярна фізика та термодинаміка. Сумський державний університет, 2021
2. Козицький С.В., Золотко А.Н., Молекулярна фізика, Курс загальної фізики у 6 томах, Одеса, Астропринт, 2018.
3. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М., Молекулярна фізика, Київ, Знання. 2017.
4. П.М. Якібчук, М.М. Клим . Молекулярна фізика, Львів, ЛНУ імені Івана Франка. 2017. – 584 с.
5. Дутчак В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика та термодинаміка. Київ., Вища школа, 2016.

Допоміжна література

6. Вірослав Блашків, Олег Кузик, Дионізій Шуптар. Молекулярна фізика і термодинаміка. Тексти лекцій. Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка. 2010
7. I.V. Savelyev. Physica a general course. V. 1. Mechanics, molecular physics. Springer-2019.
8. I.P. Bazarov. Thermodynamics. A Pergamon press book, New-York. 2018.



Інтернет-ресурси

1. Лабораторна робота 1-5. Визначення в'язкості рідин методом Стокса. URL: <http://physics.zfftt.kpi.ua/repository/coursefilearea/file.php/1/Labs/Lab1-5.pdf>
2. Лабораторна робота 1-6. Визначення відношення теплоємності газу при сталому тиску до його теплоємності при сталому об'ємі. URL: <http://physics.zfftt.kpi.ua/repository/coursefilearea/file.php/1/Labs/Lab1-6.pdf>
3. Лабораторна робота 1-7. Вивчення ламінарної течії газу крізь тонкі трубки. URL: <http://physics.zfftt.kpi.ua/repository/coursefilearea/file.php/1/Labs/Lab1-7.pdf>
4. Лабораторна робота 1-9. Вивчення розподілу Больцмана. URL: <http://physics.zfftt.kpi.ua/repository/coursefilearea/file.php/1/Labs/Lab1-9.pdf>
5. Фізика: Молекулярна фізика [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів енергетичних спеціальностей / НТУУ «КПІ» ; уклад. А. М. Цюпа, Т. І. Братусь, С. В. Пальцун. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,36 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/1805/1/Mol_fizyka.doc

6. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційна частина забезпечується інформаційно-рецептивним методом, надаючи базу для використання репродуктивного, евристичного, дослідницького методів та методу проблемного викладу на практичних та лабораторних заняттях.

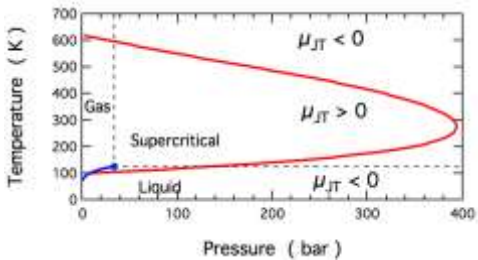
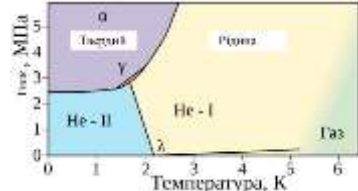
Лекційні заняття

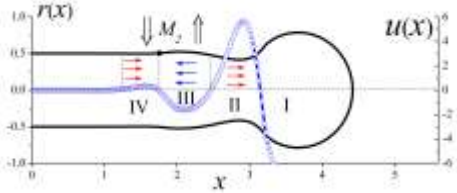

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Тема 1. Предмет молекулярної фізики. Термодинаміка та молекулярна фізика вивчають те саме коло явищ, які пов'язані з колосальною кількістю у тілах атомів та молекул. Ці розділи фізики, взаємно доповнюючи один одного, відрізняються різним підходом до досліджуваних явищ. Термодинаміка, або загальна теорія теплоти, є аксіоматичною наукою. Вона не вводить жодних спеціальних гіпотез і конкретних уявлень про будову речовини та фізичну природу теплоти. Її висновки засновані на загальних принципах або засадах, які є узагальненням емпіричних фактів. Вона розглядає теплоту як рід якогось внутрішнього руху, але не намагається конкретизувати, що за рух. Молекулярна фізика, навпаки, виходить із уявлення про атомно-молекулярну будову речовини та розглядає теплоту як безладний рух атомів та молекул. Молекулярна фізика вивчає не тільки макроскопічні явища. Вона розглядає також властивості та будову окремих молекул і атомів. Молекулярну фізику часто називають також молекулярно-кінетичною теорією будови речовини.</p>
2	<p>Тема 2. Рівняння стану ідеального газу. Проведення якісного аналізу взаємодії приграничних молекул газу зі стінкою внаслідок зіткнень з нею. Отримання якісної оцінки, $p \sim n v^2$, тиску невзаємодіючих між собою молекул. Обговорення можливих відхилень від такої оцінки внаслідок урахування взаємодії притягання/відштовхування між молекулами. Точне обчислення тиску ідеального газу. Обговорення доцільності довільно вибраного зв'язку між середньою кінетичною енергією та температурою.</p>
3	<p>Тема 3. Шкали вимірювання температури. Поняття абсолютної температури. Температурні шкали Цельсія та Фаренгейта. Походження сталої Больцмана.</p>
4	<p>Тема 4. Закони ідеального газу. Закон Дальтона. Розгляд особливостей елементарних трансформацій заданої маси газу при фіксації одного з його трьох, p, V, T, термодинамічних параметрів. Тиск суміші газів. Обговорення фізичних логічних міркувань, які приводять до закону Дальтона</p>
5	<p>Тема 5. Броунівський рух молекул. Розподіл Больцмана за енергіями. Швидкості молекул газу. Детальне обговорення механізму, який відповідає за тиск верхніх шарів газу на нижні шари. Аналіз цього механізму на прикладі двох шарів які рухаються вздовж однієї вертикалі вниз/вгору в полі тяжіння. Обчислення середнього імпульсу, який нижній шар передає площині в одиницю часу. Вивід барометричної формули та її узагальнення до розподілу Больцмана за енергіями.</p>

6	Тема 6. Основні поняття теорії ймовірності. Детальний аналіз ситуацій, які в одному випадку характеризуються добутком ймовірностей подій, а в іншому – сумою. Поняття густини ймовірності для безперервної випадкової змінної. Логіка обчислення моментів випадкової змінної.
7	Тема 7. Розподіл Максвелла молекул по швидкостям. Якісний аналіз очікуваних форм розподілів молекул за компонентами швидкості і по абсолютному значенню швидкості. Обговорення походження суттєвих розбіжностей в формах цих залежностей. Вивід розподілу Максвелла та його аналіз. Аналіз механізму збереження атмосфери планет від розсіювання в космічному просторі.
8	Тема 8. Перший закон термодинаміки. Робота ідеального газу при зміні об'єму. Критичний аналіз виразу $dA = pdV$ отриманого з макроріходу до його обчислення. Аналіз ситуації на мікрорівні з подальшим усередненням приводить до «вируку», що наведена формула годиться тільки для «повільних» рухів поршня, коли в кожен момент часу система знаходиться в квазі-рівновазі.
9	Тема 9. Теплоємність ідеальних газів. Закон рівнорозподілу по степеням свободи. Обертальні та коливальні степені свободи. Теплоємність двох-трьох-атомних молекул. Розгляд граничних значень, c_v , c_p , теплоємності. Якісна оцінка зміни значення c_p , при врахуванні взаємодії молекул реального газу.
10	Тема 10. Вплив квантових ефектів на теплоємність газу. Початкові поняття опису структури молекули хвильовою функцією. Координатна та спінова частини хвильової функції. Антисиметрія їх добутку. Зв'язок обертальних рівнів енергії молекул з симетрією координатної частини. Пара- та ортоводень. Прояв квантових ефектів в залежності теплоємності водню від температури.
11	Тема 11. Оборотні та необоротні, рівноважні та нерівноважні процеси. Розширення газу в пустоту. Адіабатичний та політропний процеси. Аналіз розширення газу в пустоту як випадку, який яскраво демонструє необоротність та нерівноважність процесу, при якому газ хоч і розширюється, але робота не виконується, $dA \neq pdV$, а поняття його локальної температури у різних точках простору стає невизначеним деякий час до встановлення нового рівноважного стану.
12	Тема 12. Модель газу з неточковими молекулами, ефекти зіткнення молекул. Середня швидкість, середня частота зіткнень, середня довжина вільного пробігу, поперечний газокінетичний переріз, їх експериментальне визначення. Розсіювання молекулярного пучка. Обговорення впливу температури (хоч і незначного) на процеси взаємного розсіювання молекул для розвитку критичного погляду студентів на фізичні моделі, що використовуються для теоретичних засад фізичних явищ.
13	Тема 13. Процеси переносу у газах. Фізична суть процесів переносу - дифузія, теплопровідність і внутрішнє тертя. Вираз коефіцієнтів дифузії, теплопровідності й в'язкості через величини, λ , τ , $\langle v \rangle$, що характеризують молекулярний рух. Критичний аналіз виразу коефіцієнту дифузії, D , для заданих λ , τ , який приведений у підручниках. Обчислення точного значення D в цьому випадку. Методика оцінки часу вирівнювання концентрації домішків по об'єму в різних варіантах геометрії початкового стану. Аналіз механізму залежності коефіцієнту дифузії від температури, яка фіксується в експериментах.

14	<p>Тема 14. Циклічні термодинамічні процеси. Другий закон термодинаміки. Цикл Карно як модель ідеальної теплової машини, його ККД.</p>
15	<p>Тема 15. Перша та друга теореми Карно. Зворотний цикл Карно. Холодильна машина. Реальні цикли в теплових двигунах - в дизелі та в двигуні внутрішнього згорання (цикл Трінклера).</p> 
16	<p>Тема 16. Поняття ентропії в класичній термодинаміці. Ентропія як функція стану. Обчислення зміни ентропії в основних різновидах термодинамічних процесів. Нерівність Клаузіуса $\oint dQ/T \leq 0$ та аналіз конкретних випадків циклічного процесу в яких ліва частина нерівності строго менше нуля. Методика обчислення зміни ентропії в необоротних процесах через обчислення зміни ентропії на траєкторії, яка також з'єднує початковий та кінцевий стани системи, але побудована з фрагментів оборотних процесів.</p>
17	<p>Тема 17. Тракткування ентропії в статистичній фізиці. Зв'язок ентропії і термодинамічної ймовірності, формула Больцмана - $S = k \ln W$. На основі цієї формули проведення якісного пояснення незмінності ентропії в адиабатичному процесі. Закон зростання ентропії в замкнутих системах. Зв'язок похідних ентропії з реально вимірювальними термодинамічними величинами: вивід співвідношень $(dS/dV)_T = (dp/dT)_V$; $(dS/dp)_T = -(dV/dT)_p$.</p>
18	<p>Тема 18. Другий закон термодинаміки та його статистичний характер. Границі застосування другого закону термодинаміки. Демон Максвелла та «теплова смерть» Всесвіту. Теорема Нернста і висновки із неї. Недосяжність абсолютного нуля температури.</p> 
19	<p>Тема 19. Відхилення в станах газів від ідеальності. Дослідницькі ізотерми Амага. Міжмолекулярні взаємодії як причина відхилення поведінки реальних газів від законів ідеального газу. Найпростіші потенціали міжмолекулярної взаємодії: орієнтаційна взаємодія між полярними молекулами (сила Кізома), індукційна взаємодія між полярною та неполярною молекулами (сила Дебая), дисперсійна взаємодія між неполярними молекулами (сила Лондона). Обчислення енергії, W, взаємодії в усіх цих випадках приводить до однакового характеру залежності W від відстані, r: $W \sim 1/r^6$. Водневий зв'язок.</p>
20	<p>Тема 20. Рівняння Ван-дер-Ваальсу і його аналіз. Метастабільні стани. Фізичний зміст сталих Ван-дер-Ваальса. Критична температура, T_k, та відповідні тиск, p_k, і об'єм, V_k. Зведене рівняння Ван-дер-Ваальсу. Закон відповідних станів.</p> $\left(\pi + \frac{3}{\omega^2}\right)(\omega - 1/3) = \frac{8\theta}{3}, \theta = \frac{T}{T_k}, \pi = \frac{p}{p_k}, \omega = \frac{V}{V_k}.$
21	<p>Тема 21. Термодинамічні потенціали-функції стану системи. Ентальпія, W, вільна енергія Гельмгольца, F, вільна енергія Гіббса, Φ. Фізичний сенс похідних</p>

	<p>термодинамічних потенціалів. Динаміка термодинамічних потенціалів при встановленні рівноваги.</p> <p>При $T = const, V = const$ $\frac{d(U - TS)}{dt} = \frac{dF}{dt} < 0,$</p> <p>для $T = const, p = const$ $\frac{d(U - TS + pV)}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} < 0.$</p> <p>В загальному випадку залежності термодинамічних потенціалів від додаткового зовнішнього фактору $(\delta U)_{S,V} = (\delta W)_{S,p} = (\delta F)_{T,V} = (\delta \Phi)_{T,p}.$</p>
22	<p>Тема 22. Кристалічні та аморфні стани речовини. Моно- і полікристали. Характеристика рідкого стану. Моделі рідини. Близькій і дальній порядок. Поняття про будову і властивості рідких кристалів. Фази як різні агрегатні стани речовини. Умова рівноваги фаз Гіббса. Трійні точки.</p>
23	<p>Тема 23. Фазові перетворення першого роду. Стани рівноваги насиченої пари і рідини, що з нею знаходиться в контакту. Аналіз фізичних параметрів речовини, які можуть відповідати за значення тиску насиченої пари. Якісні міркування для передбачення форми залежності тиску насиченого пару від температури. Рівняння Клайперона-Клаузіса. Критична точка.</p>
24	<p>Тема 24. Метастабільні стани термодинамічних систем. Перегріта та переохолоджена рідина. Пересичений пар. Плавлення та кристалізація. Випаровування твердих тіл. Аналіз рівноваги фаз поблизу трійної точки для води. Якісна інтерпретація від'ємного нахилу кривої рівноваги, $p(T)$, між льодом та водою. Аналіз гіпотези про походження малої сили тертя між льодом і ковзанами. Аналіз явища «обтікання» льодовиком зустрічних скельних перешкод при сповзанні зі схилу гори.</p>
25	<p>Тема 25. Фізика слабких розчинів. Закон Рауля для ідеального розчину та відхилення від цього закону для неідеальних розчинів внаслідок варіацій співвідношень між енергією взаємодії молекул розчинника між собою і енергією зв'язку (молекула розчинника) – (молекула розчиненої речовини). Аналіз ефектів підвищення температури кипіння та зниження температури кристалізації розчинів. Для останнього випадку обговорення важливості того факту, що кристаліки льоду в замерзаючому розчині «виштовхують» з себе молекули розчиненої речовини.</p>
26	<p>Тема 26. Принцип Ле-Шательє та приклади його застосування. Ендотермічні та екзотермічні реакції при розчиненні та їх зв'язок зі зміною загального об'єму розчину. Передбачення охолодження розчину цукру, нагрівання розчину газу в рідині та зменшення при цьому об'єму розчину та ін. Роз'яснення, що принцип Ле-Шательє не пояснює перелічені ефекти, а є тільки рецептом їх передбачення без детального аналізу відповідних рушійних фізико-хімічних механізмів. Цей принцип тільки віддзеркалює головну закономірність в природних явищах – їх динаміка здійснюється в напрямку збереження «світового порядку» і запобігає розвитку в ньому хаосу.</p>
27	<p>Тема 27. Осмотичний тиск розчинів. Отримання співвідношення Вант-Гоффа для осмотичного тиску. Роль прояву осмосу в діяльності живих організмів та рослин. «Фізико-технічні» засади виробництва в'яленої риби та варення, механізми</p>

	<p>транспортування вологи в надвисокі дерева, причини безплідності солоного ґрунту, тонкощі вимог до концентрації домішок в рідині для медичних ін'єкцій.</p>
28	<p>Тема 28. Теплоємність неідеальних газів. Внутрішня енергія неідеального газу. Проблема для дискусії – Вираз $(\partial U/\partial V)_T = a/V$ показує, що внутрішня енергія системи при збільшенні об'єму може тільки збільшуватись внаслідок збільшення потенціальної енергії притягання молекул. Але при малих відстанях між молекулами домінують сили відштовхування і потенціальна енергія зменшується при розширенні газу. Де ж подівся цей фактор відштовхування в виразі $(\partial U/\partial V)_T = a/V$?</p>
29	<p>Тема 29. Ефект Джоуля-Томпсона. Механізми охолодження та нагріву неідеального газу за пористою мембраною. Обчислення температури інверсії. Проблема для дискусії – Існування температури інверсії трактується як прояв сил відштовхування між молекулами при підвищеній температурі, коли значна частина з них може наближуватись одна до одної на короткі відстані. Але ж у виразі для зміни внутрішньої енергії газу при розширенні, $(\partial U/\partial V)_T = a/V$, відсутній фактор відштовхування.</p>  <p>На малюнку — знак коефіцієнту Джоуля-Томпсона μ_{JT} для азоту N_2.</p>
30	<p>Тема 30. Методи та техніка зрідження газів. Зрідження газів з використанням ефекту Джоуля - Томсона (метод Лінде) Зрідження газів методом адіабатного розширення у детандерах (метод Клоду). Аналіз переваг цих методів при їх порівнянні між собою. Деякі властивості зріджених газів та їх застосування в техніці і медицині.</p>
31	<p>Тема 31. Фізика наднизьких температур. Охолодження магнітним методом. Властивості речовини за низьких температур. Прояв квантових ефектів в речовині після охолодження. Рідкий гелій.</p> 
32	<p>Тема 32. Фізика вільної поверхні рідини. Умови рівноваги на межі двох рідин і на межі рідина і тверде тіло. Різні трактування коефіцієнту поверхневого натягу. Змочування. Тиск під скривленою поверхнею рідини. Формула Лапласа.</p>
33	<p>Тема 33. Капілярні явища. Їх використання в техніці та побуті. Залежність коефіцієнту поверхневого натягу рідини від температури та наявності в ній домішок. Проблема для дискусії – Газ при здійсненні над ним роботи, стисканні, гріється. Чим можна прогнозувати, що пружна плівка рідини також буде грітись при здійсненні над нею роботи – розтягуванні? Термодинаміка поверхневого натягу – пошук відповіді на попереднє питання з використанням математичних співвідношень. Проблема для дискусії – чи можна було б передбачити нагрів або охолодження плівки при розтяжінні на основі принципу Ле-Шательє?</p>

34	<p>Тема 34. Нестійкість Релея циліндричного струменя рідини. Отримання дисперсійного рівняння для інкременту нестійкості у часі, $\gamma = \gamma(\lambda)$, оригінальним і простим методом на основі рівняння руху для зміщення центра мас напівхвильового відрізка струменя. Рушійна сила в цьому методі – зменшення поверхневої енергії (площі поверхні) при розвитку малих модуляцій радіусу променя з періодом λ. Якісний аналіз походження максимуму в залежності $\gamma = \gamma(\lambda)$. Механізм утворення крапель-сателітів. Проблема для дискусії – Чи може в обмеженому рідкому струмені виникати течія рідини у напрямку до його кінця, де поверхневий тиск підвищений? Аналіз динаміки течій рідини поблизу кінця рідкого струменя.</p> 
35	<p>Тема 35. Ефект дозрівання Оствальда. Проблема для дискусії – чим пояснити трансформацію у часі системи двох крапель рідини, яка показана на малюнку. Залежність тиску насиченої пари над кривою поверхнею як функція енергії зв'язків поверхневих молекул з молекулами найближчого оточення. Густина поверхневої енергії на кристалічній грані. Визначення анізотропії цієї густини методом підрахунку розірваних зв'язків. Оствальдівська перекристалізація в твердих мікродисперсних розчинах або опадах.</p> 
36	<p>Тема 36. Фазові переходи другого роду. Фізичне значення стрибків похідних другого порядку термодинамічного потенціалу Гіббса: $C_p = -T \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial T^2} \right)_p$, $\frac{\partial^2 \Phi}{\partial p^2} = \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$, $\frac{\partial}{\partial T} \frac{\partial \Phi}{\partial p} = \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$. Приклади фазових переходів другого роду (перехід парамагнетик-ферромагнетик, перехід в надпровідний стан, виникнення надплинності в рідкому гелії)</p>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Основи молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Рівняння стану газу. Закон Дальтона. [5, 4]
2	Основи молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Процеси. [5, 4]
3	Контрольна робота з теми «Основи молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Процеси».
4	Поняття середніх значень. Поняття про розподіл ймовірностей. Максвеллівський розподіл молекул за швидкостями. Характерні швидкості розподілу Максвелла. [5, 4]
5	Розподіл газу у полі потенційних сил - розподіл Больцмана. Барометрична формула. [5, 4]

6	<i>Контрольна робота з теми «Статистичні розподіли молекул»</i>
7	Основи термодинаміки. Теплоємність ідеального газу. Застосування першого начала термодинаміки до ізопроцесів ідеальних газів. [5, 4]
8	Адіабатний і політропний процеси. [5, 4]
9	Другий закон термодинаміки. Циклічні процеси. Цикл Карно. Теплові і холодильні машини. [5, 4]
10	Обчислення зміни ентропії в основних різновидах термодинамічних процесів. [5, 4]
11	<i>Контрольна робота з «Термодинаміки»</i>
12	Рівняння Ван-дер-Ваальсу і його аналіз. Метастабільні стани. Внутрішня енергія реального газу. Ефект Джоуля - Томсона. [5, 4]
13	Фазові перетворення. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. [5, 4]
14	Рідини. Поверхневий натяг. Капілярність. Формула Лапласа. [5, 4]
15	Явища переносу. Зіткнення молекул. Розсіювання молекулярного пучка. Середня довжина вільного пробігу. Кількість зіткнень. Час релаксації. [5, 4]
16	Явища переносу. Дифузія, в'язкість. [5, 4]
17	Явища переносу. Теплопровідність. [5, 4]
18	<i>Контрольна робота з теми «Явища переносу. Реальний газ. Рідини»</i>

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Вступне заняття «Теорія похибок»
2	Л.Р. Визначення в'язкості рідин методом Стокса [1]
3	Л.Р. Визначення відношення теплоємності газу при сталому тиску до його теплоємності при сталому об'ємі [2]
4	Л.Р. Вивчення ламінарної течії газу крізь тонкі трубки [3]
5	Л.Р. Вивчення розподілу Больцмана [4]
6	Л.Р. Визначення коефіцієнта в'язкості повітря капілярним методом [5]
7	Л.Р. Визначення коефіцієнта теплопровідності повітря методом нагрітої нитки [5]
8-9	Л.Р. Визначення теплоємності твердих тіл [5]

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	44
2	Підготовка до МКР	10
3	Підготовка до екзамену	30

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекції та практичних занять є обов'язковим. У разі хвороби студент зобов'язаний представляти довідку про термін проходження лікування, оформлену належним чином в установі, де проходило лікування. Наявність такого документу є гарантією не нарахування штрафних балів. В інших випадках (наприклад, сімейні обставини) питання вирішується в індивідуальному порядку разом з викладачем. У будь-якому випадку студентам рекомендується відвідувати усі види занять, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання та домашніх завдань.

Результати виконаних практичних робіт оформлюються у вигляді звітів, написаних рід руки. Звіт супроводжується формулами, графіками – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати.

За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей. Захищені роботи студенти надсилають на зберігаються в Google Class.

Під час проведення лекційних та практичних занять забороняється використовувати мобільні телефони для спілкування та несанкціонованого пошуку інформації в Інтернеті. Їх можна використовувати тільки для проходження тестування, а також для проведення обчислень на практичних заняттях.

В разі дистанційної форми навчання на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує Zoom та Google Meet для викладання навчального матеріалу, IDroo для проведення практичних занять, ClassTime та LMS Moodle для проведення поточного контролю. Результати виконання завдань самостійної роботи студенти завантажують в Google Class.

Заохочувальні бали виставляються за: активну роботу на практичних заняттях; участь у факультетських та інститутських олімпіадах з фізики. Кількість заохочуваних балів не більше 5. До рейтингу студента додатково включаються бали, одержані на студентських фізичних науково-практичних конференціях за умови пред'явлення відповідного сертифікату.

Штрафні бали призначаються за пропуски занять без поважних причин, несвоєчасне виконання завдань домашньої контрольної роботи, не виконання домашніх завдань на практичних заняттях, несвоєчасний захист лабораторних робіт.

Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі. За несвоєчасне виконання завдань призначаються штрафні бали. Перескладання таких завдань проводиться у призначений викладачем час.

Академічна доброчесність Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>

Академічна доброчесність має на увазі оволодіння студентом необхідними знаннями та уміннями та здатність продемонструвати ці знання та уміння. Академічна не доброчесність проявляється у застосуванні студентом шпаргалок, несанкціонованого доступу в Інтернет тощо під час контрольних заходів (виконанні завдань контрольних робіт, підготовці відповідей під час заліку). В разі виявлення академічної недоброчесності контрольний захід для даного студента припиняється і переноситься на інший час, а також нараховуються штрафні бали.

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних);

- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо);
- правила захисту лабораторних робіт;
- правила захисту індивідуальних завдань;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів;
- політика дедлайнів та перескладань;
- політика щодо академічної доброчесності;
- інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Семестровий контроль з дисципліни «Загальна фізика. Частина 2. Молекулярна фізика» передбачений у вигляді екзамену, тому PCO включає оцінювання заходів поточного контролю з дисципліни впродовж семестру.

Основними видами навчальних занять є лекція, практичні та лабораторні заняття. Рейтингова оцінка студента складається з балів, отриманих ним за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних і штрафних балів.

Поточний контроль проводиться впродовж семестру у процесі навчання для перевірки рівня теоретичної й практичної підготовки студента на кожному етапі вивчення освітнього компонента «Загальна фізика. Частина 2. Молекулярна фізика».

Якщо студент не виконав або не з'явився на МКР, контрольний тест з практики, не здав лабораторну роботу (відповіді на контрольні запитання до роботи письмово, тест допуску до лабораторної роботи, розрахований протокол лабораторної роботи), то його результат оцінюється у 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Результати поточного контролю регулярно заносяться викладачем у модуль «Поточний контроль» АС Електронний кампус.

На першому занятті студенти ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі «Положення про систему оцінювання результатів навчання», https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf

Рейтинг з дисципліни формується як сума балів, нарахованих студенту за:

1) **Лабораторні роботи.** Ваговий коефіцієнт за лабораторні заняття за семестр становить 21 балів. Під час лабораторного практикуму з дисципліни студенти виконують 7 лабораторних роботи. За кожну роботу студент може отримати максимум 3 бали (1 бали за захист теорії, 1 бал тест допуску до лабораторної роботи, 0,5 бал письмові відповіді на контрольні запитання до роботи за умови наявності не менше 75% від усіх запитань до роботи, 0,5 бал наявність розрахованого протоколу).

2) **Практичні заняття.** Ваговий коефіцієнт за практичні заняття становить 25 балів. Під час практики студент виконує 4 контрольні роботи за семестр. Максимальний бал за кожну контрольну роботу становить 4 балів ($4 \cdot 4 = 16$ за семестр). За роботу під час практичного заняття студент отримує 9 балів за семестр.

3) **Модульна контрольна робота (МКР).** Ваговий коефіцієнт дорівнює 14. Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить $1 \cdot 14 = 14$ балів. Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 12-14 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 10-11 балів;

- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 8-9 балів;

- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0-7 балів.

5) **Екзамен.** Семестровий контроль проводиться відповідно до навчального плану у вигляді екзамену в терміни, встановлені графіком навчального процесу. Форма проведення семестрового контролю комбінована (усна співбесіда по теоретичним питанням білету+письмове тестування або розв'язування задачі білету). Перелік тем та питань які виносяться на семестровий контроль, критерії оцінювання визначаються силабусом.

Студент отримує допуск до екзамену за результатами семестрової роботи, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 36 балів за умови, що здав всі лабораторні роботи, написав контрольні тести/роботи.

Завдання екзамену містить два теоретичні питання, кожне з яких оцінюється у 15 балів, та задача, що оцінюється у 10 балів і може бути замінена на тест при дистанційній формі навчання. Всього $2 \times 15 + 10 = 40$ балів. Нарахування балів за екзаменаційну відповідь:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 36-40 балів;

- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 30-35 балів;

- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 24-29 балів;

- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

6) Заохочувальні бали передбачені за виконання творчих робіт з дисципліни (наприклад, написанні наукових робіт (тез, статей), наукова робота над проблемними питаннями з дисципліни, доповіді на конференціях, участь у інститутських олімпіадах з дисципліни, тощо). Заохочувальний бал не входить до основної шкали РСО, а його сума не може перевищувати 10% рейтингової шкали.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів. Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів після ознайомлення з результатом, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Поняття ідеального газу. Тиск ідеального газу, його зв'язок із середньоквадратичною

швидкістю молекул.

2. Термодинамічні потенціали: теплова функція, вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса.

3. Рівняння стану ідеального газу. Закони ідеального газу (Бойля-Маріотта, Гей-Люссака, ізохорний процес).

4. Зміни вільної енергії та потенціалу Гіббса при незворотних процесах. Властивості цих потенціалів у стані рівноваги системи.

5. Барометрична формула та дослід Перрена. Закон Больцмана.

6. Залежність термодинамічних потенціалів від кількості частинок у системі. Умова рівноваги фаз у системі, трійна точка.

7. Поняття функції розподілу молекул за швидкостями, $F(v)$. Обчислення середньої швидкості та середньоквадратичної швидкості з використанням розподілу густини ймовірності за швидкостями молекул, $f(v)$.

8. Відхилення газів від ідеальності. Сили взаємодії між молекулами – орієнтаційні, індукційні, дисперсійні

9. Функція розподілу молекул за компонентами швидкості. Розподіл Максвелла. Найімовірніша швидкість молекул. Середня швидкість молекул.

10. Поняття оборотних та незворотних процесів. Розширення ідеального газу у порожнечу.

11. Внутрішня енергія ідеального газу. Кількість теплоти та її механічний еквівалент. Перший початок термодинаміки.

12. Формула Клайперона-Клаузіса, залежність тиску насиченої пари від температури, крива рівноваги фаз пар-рідина

13. Теплоємність ідеальних газів (C_V, C_p). Теплоємність одноатомного газу. Закон рівнорозподілу.

14. Молекулярна структура рідин. Поверхневі сили, умова рівноваги межі розділу двох середовищ, крайовий кут.

15. Теплоємність двох- та триатомних газів (порівняння результатів для ідеальних та реальних газів).

16. Термодинамічні співвідношення $dS = \frac{c_V}{T} dT + \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V dV$,

$dS = \frac{c_p}{T} dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p dp$ та їх якісний аналіз.

17. Теплоємність ідеальних газів. Залежність теплоємності водню від температури (пара та ортоводород).

18. Взаємні перетворення механічної та теплової енергії при циклічному процесі. Коефіцієнт корисної дії теплової машини

19. Осмотичний тиск, закон Вант-Гоффа. Роль осмосу в діяльності живих організмів і рослин.

20. Рівняння стану Ван-дер-Ваальса реального газу.

21. Адіабатичний процес, рівняння стану газу при адіабатичному процесі.

22. Тиск Лапласа на кривій поверхні рідини. Залежність коефіцієнта натягу поверхневого від температури.
23. Робота, що здійснюється при ізотермічному та адіабатичному процесах.
24. Походження рівності варіацій, $(\delta U)_{S,V} = (\delta W)_{S,p} = (\delta F)_{T,V} = (\delta \Phi)_{T,p}$, якщо стан системи визначається ще й деякими зонішніми параметрами.
25. Другий початок термодинаміки. Цикл Карно, ККД цього циклу.
26. Ентропія – функція стану термодинамічної системи. Ентропія при оборотних процесах у замкнутій системі. Термодинамічні співвідношення $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$, $\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ та їх інтерпретація.
27. Явища переносу. Середня кількість зіткнень в одиницю часу та середня довжина вільного пробігу. Поняття ефективного перерізу розсіювання молекули.
28. Ентропія при незворотних процесах у замкнутій системі, закон зростання ентропії. Метод обчислення зміни ентропії при незворотному переході з рівноважного стану А до рівноважного стану В.
29. Холодильна машина. Перша теорема Карно (ККД незворотного циклу менше ККД циклу Карно).
30. Стаціонарна дифузія у газах, обчислення коефіцієнта дифузії.
31. Друга теорема Карно (ККД машини Карно не залежить від роду робочого тіла).
32. Теплопровідність, обчислення коефіцієнта теплопровідності
33. Зміна ентропії системи при прямій теплопередачі. Зростання ентропії при розширенні ідеального газу в порожнечу.
34. Залежність тиску насиченої пари від кривизни поверхні рідини.
35. Зміна ентропії при ізотермічному, ізобарному та політропному процесах.
36. В'язкість газів, коефіцієнт в'язкості. Співвідношення між коефіцієнтами перенесення.
37. Фізичне наповнення поняття ентропії, ентропія та ймовірність. Третій початок термодинаміки.
38. Кипіння рідини. Співвідношення температур кипіння та замерзання розчинів щодо цих показників для чистого розчинника.
39. Трактуння зміни внутрішньої енергії, $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$, у реальному газі.
40. Поширення звуку в газах. Швидкість звуку у моделі Ньютона. Швидкість звуку моделі Лапласа. Визначення параметру $\gamma \equiv c_p / c_v$ по швидкості звуку в газі. Характерні зміни тиску при генерації звуку різної потужності.
41. Ізотерми Ван-дер-Ваальса. Фазовий перехід у реальному газі при зменшенні його об'єму.
42. Слабкі розчини, механізми розчинення, теплота розчинення.
43. Критичний стан. Критичні температура, об'єм та тиск. Зрідження газів.
44. Залежність тиску насиченої пари від кривизни поверхні рідини.

45. Ефект Джоуля-Томпсона. Точка інверсії.
46. Теплоємність двох- та триатомних газів.
47. Теплоємність неідеального газу, обчислення різниці $c_p - c_v$ реального газу.
48. Пружність насиченої пари над розчином (ідеальним і слабким), закон Рауля.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів доктором фіз.-мат. наук, професором Горшковим В'ячеславом Миколайовичем

Ухвалено кафедрою загальної фізики та моделювання фізичних процесів (протокол № 06-22 від 15.06.2022р.)

Погоджено Методичною комісією Фізико-математичного факультету (протокол № 8 від 11.07.2022р.)