

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
Кафедра фізики та астрономії

Силабус навчальної дисципліни
ОК 24 «Термодинаміка і статистична фізика»

Обсяг	8 кредитів, 240 год.
Семестр, рік	7-й і 8-й семестри, 4-й рік навчання
Дні, час, місце	Вівторок, 8:00 і 9:30; четвер, 8:00; ауд. 30 (у дні за розкладом)
Викладач	Сушко Мирослав Ярославович, к.ф.м.н., доцент
E-mail	mrs@onu.edu.ua
Робоче місце	Кафедра фізики та астрономії
Консультації	Четвер, 12.50-14.50. Очні в ауд. 30 або онлайн за лінком https://meet.google.com/mro-ipwf-utp (згідно з режимом занять)

КОМУНІКАЦІЯ

Комунікація зі студентами: електронною поштою mrs@onu.edu.ua або очно в аудиторії за розкладом.

АНОТАЦІЯ КУРСУ

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика» є основні поняття і методи дослідження конденсованого стану речовини в рамках макроскопічного (термодинамічного) та мікроскопічного (статистичного) підходів.

Передумовами для вивчення дисципліни є знання, уміння й навички, що здобуваються в курсах «Математичний аналіз» (диференціювання і інтегрування функцій, аналітичні властивості функцій), «Теорія ймовірності та математична статистика» (поняття ймовірності, характеристики дискретних і неперервних випадкових подій), «Молекулярна фізика» (теплові і дифузні явища, структура і теплові властивості речовин, закони термодинаміки, розподіли Максвелла і Больцмана, фазові рівноваги і фазові переходи), «Електрика і магнетизм» та «Електродинаміка» (властивості діелектриків і магнетиків, електромагнітні хвилі), «Оптика» (теплове випромінювання), «Класична механіка» (формалізм Гамільтона, інтеграли руху), «Фізика атома» та «Квантова механіка» (квантовий опис речовини, структура і характеристики енергетичних спектрів атомів і молекул).

Знання, уміння і навички, здобуті в результаті вивчення дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика», є базовими для окремих спеціальних дисциплін за вибором студента та дисциплін другого рівня вищої освіти.

Метою навчальної дисципліни є підготовка фахівців, здатних розв'язувати складні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з дослідженням фізичних об'єктів і систем, процесів і явищ у макроскопічних системах та їх технічними застосуваннями у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов та

передбачають застосування певних статистичних теорій і методів фізики та/або астрономії, а також формування у здобувачів здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі з організації освітнього процесу, які зумовлені закономірностями й особливостями сучасної теорії і методики навчання.

Завданнями вивчення дисципліни є формування у студентів наступної системи компетентностей, що включають знання, розуміння, уміння та навички кількісного аналізу природних явищ та фізичних процесів у макроскопічних системах з використанням термодинамічних та статистичних методів сучасної фізики:

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

Загальні компетентності:

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K04. Здатність бути критичним і самокритичним.

K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові) компетентності:

K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

K21. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.

K22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

K25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

K26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

K27. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

Очікувані результати

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен **знати**: вихідні положення і аксіоми термодинаміки; метод термодинамічних потенціалів; методи термодинамічних перетворень; ключові термодинамічні співвідношення і нерівності, їх наслідки; поняття, зміст і види статистичних функцій розподілу для класичних і квантових систем; правила побудови статистичної термодинаміки, статистичний зміст задіяних величин; методи і результати дослідження теплових властивостей ідеальних і слабконеідеальних атомарних і молекулярних газів, плазми, кристалів; квантові

статистики і властивості вироджених фермі- і бозе-газів; особливості і теорії фазових переходів у різних середовищах; прояви і характеристики флуктуаційних явищ.

Вміти: застосовувати термодинамічні методи і виконувати термодинамічні перетворення; користуватися апаратом статистичних функцій розподілу; обчислювати і аналізувати термодинамічні функції конкретних систем відповідними статистичними методами; аналізувати кількісні характеристики фазових рівноваг, фазових переходів і флуктуаційних явищ.

У підсумку здобувач повинен **досягнути такі програмні результати:**

ПРО1. Знати, розуміти та вміти застосовувати 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.

ПРО8. 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.

ОПИС КУРСУ

Форми і методи навчання

Курс буде викладений у формі лекцій (60 год.) і практичних (60 год.), організації самостійної роботи студентів (120 год.).

При викладанні дисципліни використовуються словесні інтерактивні та наочні методи навчання. Головними словесними методами навчання є лекції і практичні заняття. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод; метод проблемного викладу; частково-пошуковий або евристичний метод. Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання: частково-пошуковий, або евристичний метод; дискусійний метод; дослідницький метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод.

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Начала і методи термодинаміки

Тема 1. Базові поняття і закони термодинаміки.

Тема 2. Аксиоматичний підхід до термодинамічного опису системи.

Тема 3. Метод термодинамічних потенціалів.

Тема 4. Термодинамічні коефіцієнти.

Тема 5. Термодинаміка ідеального газу та газу Ван-дер-Ваальса. Методи охолодження газів.

Тема 6. Умови стійкості рівноваги однорідної системи та рівноваги в зовнішніх полях.

Змістовий модуль 2. Основні положення статистичної фізики рівноважних систем

Тема 1. Статистичні ансамблі та статистичні розподіли. Мікроканонічний розподіл і канонічний розподіли Гіббса.

Тема 2. Розподіли Максвелла і Больцмана.

Тема 3. Побудова статистичної термодинаміки.

Тема 4. Матриця густини.

Змістовий модуль 3. Статистична термодинаміка ідеальних та слабко-неідеальних систем

Тема 1. Класичні ідеальні одноатомні та молекулярні гази.

Тема 2. Ідеальні молекулярні гази з квантованими внутрішніми ступенями вільності.

Тема 3. Ідеальний парамагнітний газ жорстких магнітних моментів у зовнішньому магнітному полі.

Тема 4. Слабконеідеальні гази з короткосяжним парним потенціалом взаємодії.

Тема 5. Ідеальна класична плазма.

Змістовий модуль 4. Фазові переходи та критичні явища

Тема 1. Фази. Умови рівноваги фаз. Фазові переходи першого роду.

Тема 2. Критична точка. Модель Ван-дер-Ваальса критичної точки.

Тема 3. Фазові переходи другого роду.

Тема 4. Теорія Ландау.

Тема 5. Гіпотеза подібності.

Змістовий модуль 5. Флуктуації в макроскопічних системах

Тема 1. Флуктуаційні ефекти та їх характеристики.

Тема 2. Квазітермодинамічна теорія флуктуацій Ейнштейна.

Змістовий модуль 6. Квантові статистики

Тема 1. Розподіли Фермі–Дірака та Бозе–Ейнштейна.

Тема 2. Рівноважне електромагнітне випромінювання.

Тема 3. Гази елементарних частинок. Статистичне виродження.

Тема 4. Вироджений фермі-газ.

Тема 5. Електрони в напівпровідниках.

Тема 6. Вироджений бозе-газ.

Змістовий модуль 7. Статистична термодинаміка конденсованих систем

Тема 1. Модель Дебая теплоємності кристала. Фонони та інші квазічастинки.

Тема 2. Метод кореляційних функцій.

Рекомендована література

Основна

1. Адамян В. М., Сушко М. Я. Основи квантової статистичної фізики. – Одеса: ОНУ, 2020. – 74 с.
2. Затовський О. В., Сушко М. Я. Статистична фізика і термодинаміка в задачах. – Одеса: ОНУ, 2014. – 244 с.

3. Затовський О. В., Бобров Р. О. Термодинаміка і статистична фізика. Методичні вказівки до практичних занять. – Одеса: Астропринт, 2005. – 36 с.
4. Єрмолаєв О. М., Рашба Г. І. Вступ до статистичної фізики і термодинаміки. – Харків: ХНУ, 2004. – 516 с.
5. Дацюк В. В. Термодинаміка і статистична фізика. Задачі та програма курсу. – Київ: КНУ, 2009. – 27 с.
6. Федорченко А. М. Вступ до курсу статистичної фізики та термодинаміки. – Київ: Вища школа, 1973. – 188 с.
7. Callen H. B. Thermodynamics and an introduction to thermostatistics. – New York: Wiley, 1985. – 495 p.
8. Landau, L. D., Lifshitz, E. M. Statistical physics. Part 1. – Oxford: Elsevier Science, 2001. – 544 p.

Додаткова

1. Balescu, R. Equilibrium and nonequilibrium statistical mechanics. – New York: Wiley, 1975. – 576 p.
2. Feynman, R. P. Statistical mechanics: a set of lectures. – Boulder: Chapman and Hall, 2018. – 371 p.
3. Mayer, J. E. Statistical mechanics. – New York: Furnas Press, 2007. – 495 p.
4. Landsberg, P.T. (ed.). Problems in thermodynamics and statistical physics. – London: Pion, 1989. – 587 p.
5. Боголюбов Н. Н. Избранные труды в трех томах. Т. 2. К.: Наукова думка, 1970, с. 99–196.

3. Електронні інформаційні ресурси

6. <http://phys.onu.edu.ua>
7. <http://theorphys.onu.edu.ua/uk/textbooks>
8. <http://en.wikipedia.org/>
9. http://www.researchgate.net/profile/Miroslav_Sushko1/publications

ОЦІНЮВАННЯ

Навчальна дисципліна «Термодинаміка і статистична фізика» оцінюється за 100-бальною шкалою. Для виведення підсумкової оцінки використовуються наступні **форми і методи контролю** і розроблені для них алгоритми оцінювання (докладно викладені у робочій програмі дисципліни):

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання студентом домашніх завдань, відвідування ним занять і його аудиторної активності. Кожне домашнє завдання включає кілька завдань та/чи запитань з тем(и) практичних занять та/чи самостійної роботи, відповіді на які студент подає у письмовій формі. Відповіді перевіряються і обговорюються з викладачем. Оцінка за виконання завдання визначається повнотою, правильністю і якістю наданих студентом відповідей.

Періодичний контроль здійснюється за результатами виконання студентом письмових контрольних робіт за змістовими модулями. Кожна контрольна складається з 10 теоретичних питань, кожне з яких може включати

кілька пов'язаних підпитань, на які треба відповісти у стислій формі. Відповідь на кожне питання оцінюється за десятибальною шкалою. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати за кожну контрольну роботу за змістовним модулем, складає 100 балів.

Підсумковий семестровий контроль (іспит) проводиться у вигляді письмової контрольної роботи, що оцінюється за 100-бальною шкалою. Вона складається з чотирьох розділів:

А. Математичні означення та базові співвідношення. Тестові запитання з наведеними відповідями у вигляді певних формул, одна з яких правильна;

В. Аналіз правильності тверджень. Тестові запитання з наведеними відповідями у вигляді певних тверджень, одне з яких правильне.

С. Формулювання законів, означень, понять. Короткі теоретичні питання, на які треба дати власні відповіді;

Д. Практичне завдання. Задача середнього рівня складності або теоретичне питання, що передбачає поглиблений модельний аналіз.

Підсумковий бал за кожний змістовний модуль обчислюється за такою схемою: знаходиться відсоток, який загальна сума балів, набраних студентом у ході поточного контролю, складає від максимально можливої за всі теми у цьому модулі; обчислюється відсоток, який загальна сума балів, набраних студентом у ході виконання контрольної роботи за змістовним модулем, складає від максимально можливої; знаходиться середнє значення для цих двох відсотків; від цього середнього береться певний ваговий відсоток (який чисельно дорівнює максимальній сумі балів за цей змістовий модуль і вказано нижче).

Підсумкова семестрова оцінка визначається за результатами поточного, періодичного і (при наявності) підсумкового контролів за такими схемами:

7 семестр

Поточний та періодичний контроль			Підсумковий бал*
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	
35	30	35	100

* Обчислюється як сума балів поточного та періодичного контролів.

8 семестр

Поточний та періодичний контроль				Підсумковий контроль (іспит)	Підсумковий бал**
Змістовий модуль 4	Змістовий модуль 5	Змістовий модуль 6	Змістовий модуль 7		
35	15	30	20	100	100

** Обчислюється як сума балів поточного та періодичного контролів, помножена на коефіцієнт 0,6, та балу за підсумкову контрольну роботу, помноженого на 0,4.

Самостійна робота студентів. Формами самостійної роботи студентів є: підготовка теоретичного матеріалу (лекцій і додаткових тем), самостійне розв'язування задач (за темами практичних занять винесених на самостійне опрацювання). Метою самостійної роботи студента є поглиблене розуміння

теоретичного матеріалу і поглиблене оволодіння практичних навичок розв'язування задач. Результати виконання самостійної роботи враховуються у всіх формах контролю.

ПОЛІТИКА КУРСУ

Правила організації освітнього процесу регламентуються Положенням про організацію освітнього процесу в Одеському національному університеті імені І.І.Мечникова

(https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/documents/polozennya/poloz-org-osvit-process_2022.pdf). Зокрема, відвідування занять і своєчасна явка на них є обов'язковими. В окремих випадках навчання може відбуватись онлайн з використанням дистанційних технологій. Терміни виконання завдань з курсу, їх перенесення у разі поважних причин визначаються викладачем. Передача заборгованостей – з дозволу деканату. Користування мобільними засобами зв'язку під час занять і контрольних заходів не дозволяється.

Політика щодо академічної доброчесності всіх учасників освітнього процесу регламентується Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату у освітній та науково-дослідній роботі учасників освітнього процесу та науковців Одеського національного університету імені І.І.Мечникова

(https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/acad_council/polozhennya-antiplagiat-2021.pdf). Для здобувача вищої освіти ці правила передбачають самостійне виконання завдань поточного, періодичного і підсумкового контролів, належне посилення на джерела інформації під час виконання творчих робіт, дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права, надання достовірної інформації про результати власної наукової діяльності. За порушення правил академічної доброчесності учасник освітнього процесу може бути притягнений до академічної відповідальності згідно з цим Положенням.