

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра експериментальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи



О. В. Момот

«10» травня 2019 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА ТА ТЕРМОДИНАМІКА»

для студентів

галузь знань 10 «Природничі науки»
спеціальність 104 «Фізика та астрономія»
освітній рівень бакалавр (перший)
освітня програма «Фізика та астрономія»
вид дисципліни обов'язкова *ОКІ*

Форма навчання денна
Навчальний рік 2019/2020
Семестр 2
Кількість кредитів ECTS 9
Мова викладання, навчання та оцінювання українська
Форма заключного контролю іспит

Лектор: доцент Кравченко Владислав Миколайович

Викладачі кафедри молекулярної та експериментальної фізики

КИЇВ – 2019

Розробник:

Кравченко Владислав Миколайович, доцент кафедри експериментальної фізики, кандидат фізико-математичних наук, доцент

(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри експериментальної фізики


(підпис)

(Дмитрук І.М.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 15 від «10» травня 20 19 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від 21 «10» травня 20 19 року

Голова науково-методичної комісії


(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни – отримання та засвоєння базових знань з основ термодинаміки та молекулярної фізики, а також навичок до застосування цих знань до викладання згаданих розділів фізики у середній школі.

2. Попередні вимоги до опанування навчальною дисципліною

1. Знати основні поняття шкільного курсу «Фізика», університетського курсу «Механіка», «Математичний аналіз» (перший семестр), «Аналітична геометрія та лінійна алгебра» (перший семестр).

2. Вміти логічно й послідовно формулювати основні положення і закони молекулярної фізики та термодинаміки; працювати з основними законами збереження механічних величин; вільно оперувати поняттями математичного аналізу і застосовувати їх до фізичних проблем.

3. Володіти елементарними навичками отримання й аналізу інформації, елементарними навичками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв'язування алгебраїчних та диференціальних рівнянь, побудови й аналізу графічних залежностей.

3. Завдання – оволодіння методами і принципами, необхідними в майбутній практичній діяльності фахівця-фізика, відповідними вміннями і навичками. Дисципліна спрямована на досягнення студентами загальних компетентностей ЗК 01, 02, 12 та фахових компетентностей ФК 16-19, 21, 22, 24.

4. Анотація навчальної дисципліни. Дисципліна «Молекулярна фізика та термодинаміка» є нормативною навчальною дисципліною з циклу фундаментальної та природно-наукової підготовки і є основою базової підготовки фахівців-фізиків освітньо-кваліфікаційних рівнів «бакалавр». У ній розглядаються основні поняття і закони термодинаміки, основні поняття та положення молекулярно-кінетичної теорії, основи статистичної фізики та фізики фазових переходів. Дисципліна спирається на знання, отримані студентами в рамках курсів «Механіка», «Математичний аналіз» й «Аналітична геометрія та лінійна алгебра».

5. Результати навчання за дисципліною

Результат навчання (1. знати; 2. вміти)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумк. оцінці з дисципл.
Код	Результат навчання			
1	1. Знати основні поняття і закони термодинаміки, методи розрахунку термодинамічних величин.	Лекції, самостійна робота, практичні заняття, лабораторні заняття	Колоквіум, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, іспит	15
	2. Знати основні поняття і положення молекулярно-кінетичної теорії.	Лекції, самостійна робота, практичні заняття	Колоквіум, модульні контрольні роботи, іспит	15

	3. Знати основи фізики фазових переходів.	Лекції, самостійна робота, практичні заняття, лабораторні заняття	Колоквіум, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, іспит	10
	4. Знати роль поверхневих явищ у фізиці.	Лекції, самостійна робота, практичні заняття, лабораторні заняття	Колоквіум, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, іспит	10
2	1. Вміти логічно і послідовно формулювати основні положення і закони молекулярної фізики та термодинаміки.	Лекції, лабораторні заняття	Колоквіум, захист лабораторних робіт, іспит	15
	2. Вміти пов'язувати макроскопічні характеристики речовини з особливостями її молекулярної структури.	Лекції, самостійна робота, практичні заняття, лабораторні заняття	Колоквіум, захист лабораторних робіт, іспит	10
	3. Вміти розрахувати теплофізичні властивості речовини за термічним та калоричним рівнянням стану.	Лекції, самостійна робота, практичні заняття, лабораторні заняття	Колоквіум, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, іспит	15
	4. Вміти застосовувати методи молекулярної фізики та термодинаміки в інших галузях науки.	Лекції, самостійна робота, практичні заняття, лабораторні заняття	Колоквіум, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, іспит	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни з програмними результатами навчання.

Результати навчання дисципліни	1	1	1	1	2	2	2	2
	1	2	3	4	1	2	3	4
Програмні результати навчання								
ПРН01. 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 астрономії.	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.	+		+	+			+	+
ПРН17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.						+		+
ПРН18. Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для усного і письмового професійного спілкування та презентації результатів власних досліджень.	+	+	+	+	+			
ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.						+		+

7. Схема формування оцінки

1. Форми оцінювання студентів:

семестрове оцінювання – оцінки за усний колоквіум (максимум 10 балів), за дві письмові модульні контрольні роботи (максимум 15 балів за кожну контрольну роботу) та за виконання, оформлення і захист лабораторних робіт (максимум 20 балів).

підсумкове оцінювання – оцінка за усний іспит (максимум 40 балів).

Умова допуску до підсумкового іспиту: протягом семестру студент повинен набрати сумарно не менше 36 балів за колоквіум, модульні контрольні роботи та лабораторні роботи.

2. Організація оцінювання: проведення усного колоквіуму, письмових модульних контрольних робіт, лабораторних робіт та усного іспиту.

Підсумкова оцінка за семестр складається з суми балів, отриманої студентом за колоквіум, модульні контрольні роботи, лабораторні роботи та іспит. Максимально можна отримати 100 балів.

Для студентів, які набрали сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум – 60 балів, для атестації з даної дисципліни необхідно заново скласти усний колоквіум, написати дві модульні контрольні роботи, виконати, оформити і захистити лабораторні роботи і набрати за них щонайменше 36 балів та заново скласти усний іспит й одержати за нього не менше, ніж на 24 бали.

Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план занять.

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	практ. заняття	лаб. роб.	самост. роб.
1	<p>Лекція 1. Будова речовини. Агрегатні стани речовини. Маса і розміри молекул. Кількість речовини. Моль. Молярна маса.</p> <p>Практичне заняття 1. Ідеальний газ. Рівняння стану ідеального газу. Задачі № 2.1, 2, 4-7, 66, 68 [5].</p> <p>Вступне лабораторне заняття. Проведення інструктажу з техніки. Ознайомлення з правилами внутрішнього розпорядку, встановленого в лабораторії «Практикум з молекулярної фізики та термодинаміки», з розміщенням лабораторних робіт та робочих місць, з вимогами до виконання, оформлення та захисту лабораторних робіт.</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач. 2. Розрахувати об'єм і розміри молекули води.</p>	2	2	3	6
2	<p>Лекція 2. Ідеальний газ. Рівняння стану ідеального газу.</p> <p>Практичне заняття 2. Газові закони Задачі № 2.9-13 [5] Задача № 59 [6]</p> <p>Лабораторне заняття 1. Виконання лабораторної роботи № 1 «Визначення теплоємності металів методом охолодження» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт. 2. Розрахувати масу 1 м³ повітря за нормальних умов.</p>	2	2	3	6

3	<p>Лекція 3. Термодинаміка. Термодинамічні системи. Термодинамічний процес. Температура.</p> <p>Практичне заняття 3. Перший закон термодинаміки. Внутрішня енергія. Теплоємність. Задачі № 2.26, 28-32 [5].</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	0	5
4	<p>Лекція 4. Перший закон термодинаміки. Внутрішня енергія. Кількість теплоти.</p> <p>Практичне заняття 4. Перший закон термодинаміки. Внутрішня енергія. Теплоємність. Задачі № 2.34, 35, 44 [5]</p> <p>Лабораторне заняття 2. Виконання лабораторної роботи № 2 «Визначення теплоємності рідини» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт. 2. Вивести рівняння адіабатичного процесу з першого закону термодинаміки. 3. Вивести рівняння політропічного процесу з першого закону термодинаміки.</p>	2	2	3	7
5	<p>Лекція 5. Теплоємність ідеального газу в різних процесах.</p> <p>Практичне заняття 5. Ентропія. Оборотні та необоротні процеси. Задачі № 2.137, 139, 140, 145, 155, 156, 158, 159 [5]</p> <p>Лабораторне заняття 3. Виконання лабораторної роботи № 3 «Визначення відношення теплоємностей газу при постійних тиску та об'ємі методом Клемана-Дезорма» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	3	5
6	<p>Лекція 6. Термодинамічні цикли. Теплові машини. Холодильні машини.</p> <p>Практичне заняття 6. Другий закон термодинаміки. Цикли. Теплові машини. Холодильні машини. Задачі № 2.123-126 [5]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	0	5

7	<p>Лекція 7. Ентропія. Оборотні й необоротні процеси.</p> <p>Практичне заняття 7. Другий закон термодинаміки. Цикли. Теплові машини. Холодильні машини. Задачі № 2.128-130 [5] Визначення ККД цикла Дізеля.</p> <p>Лабораторне заняття 4. Захист виконаних лабораторних робіт.</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач.</p>	2	2	3	5
8	<p>Лекція 8. Другий закон термодинаміки. Умови термодинамічної рівноваги.</p> <p>Практичне заняття 8. Елементи статистичної фізики. Задачі № 2.77, 85, 86 [5]</p> <p>Лабораторне заняття 5. Виконання лабораторної роботи № 5 «Спостереження броунівського руху та визначення числа Авогадро» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	3	5
9	<p>Лекція 9. Термодинамічні потенціали. Третій закон термодинаміки.</p> <p>Практичне заняття 9. Розподіл Максвелла. Задачі № 2.88, 92, 95, 102, 105, 107, 249 [5]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт. 2. Знайти в мережі Інтернет відомості про найнижчі досягнуті температури речовини та методи їх отримання. 3. Із розподілу Максвелла вивести формули для найімовірнішої, середньої та середньоквадратичної швидкості молекул ідеального газу. 4. Підготовка до модульної контрольної роботи № 1.</p>	2	2	0	11

10	<p>Лекція 10. Елементи статистичної фізики. Випадкові величини. Імовірність. Функція густини імовірності.</p> <p>Практичне заняття 10. Модульна контрольна робота № 1.</p> <p>Лабораторне заняття 6. Виконання лабораторної роботи № 6 «Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	3	5
11	<p>Лекція 11. Основи молекулярно-кінетичної теорії будови речовини.</p> <p>Практичне заняття 11. Частинки у силовому полі. Барометрична формула. Розподіл Больцмана Задачі № 2.111, 114, 116, 119 [5] Оцінити тиск на вершині гори Еверест</p> <p>Лабораторне заняття 7. Виконання лабораторної роботи № 7 «Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідини методом Стокса» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт. 2. Оцінити масу атмосфери Землі.</p>	2	2	3	6
12	<p>Лекція 12. Розподіл молекул ідеального газу за швидкостями (розподіл Максвелла).</p> <p>Практичне заняття 12. Частинки у силовому полі. Барометрична формула. Розподіл Больцмана Задачі № 2.120, 121 [5]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	0	5

13	<p>Лекція 13. Частинки у силовому полі. Розподіл Больцмана. Барометрична формула.</p> <p>Практичне заняття 13. Ступені вільності механічної системи. Теорема про рівнорозподіл енергії за ступенями вільності. Залежність теплоємності ідеального газу від температури Задачі № 2.71-74, 80, 82 [5]</p> <p>Лабораторне заняття 8. Захист виконаних лабораторних робіт.</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач. 2. Підготовка до колоквіуму.</p>	2	2	3	12
	Колоквіум				
14	<p>Лекція 14. Молекулярно-кінетичний зміст внутрішньої енергії. Ступені вільності механічної системи. Теорема про рівнорозподіл енергії за ступенями вільності. Залежність теплоємності ідеального газу від температури.</p> <p>Практичне заняття 14. Біноміальний розподіл. Статистична вага. Формула Больцмана. Флуктуації. Задачі № 2.164-170 [5]</p> <p>Лабораторне заняття 9. Виконання лабораторної роботи № 9 «Визначення коефіцієнта в'язкості газу» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	3	5
15	<p>Лекція 15. Макростан та мікростани термодинамічної системи. Статистична вага. Формула Больцмана для ентропії. Флуктуації.</p> <p>Практичне заняття 15. Явища переносу Задачі № 2.238, 245, 255, 265, 269, 270 [5]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	0	5

16	<p>Лекція 16. Явища переносу. Дифузія. В'язкість. Теплопровідність.</p> <p>Практичне заняття 16. Явища переносу Задачі № 271, 275, 433 [6]</p> <p>Лабораторне заняття 10. Виконання лабораторної роботи № 10 «Визначення коефіцієнта теплопровідності повітря» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	3	5
17	<p>Лекція 17. Фази речовини. Фазова рівновага. Фазові перетворення. Критичний стан речовини.</p> <p>Практичне заняття 17. Фазові перетворення. Задачі № 2.200, 203, 204, 220, 222, 225 [5]</p> <p>Лабораторне заняття 11. Захист виконаних лабораторних робіт.</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач.</p>	2	2	3	5
18	<p>Лекція 18. Реальні гази та їх скраплення. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Ефект Джоуля-Томсона.</p> <p>Практичне заняття 18. Властивості реальних газів. Задачі № 2.22, 24, 57, 59, 61, 63, 64, 148, 211 [5]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	0	5
19	<p>Лекція 19. Рідини. Поверхневий натяг. Явища змочування. Рівняння Юнга-Лапласа. Капілярність. Поверхнево-активні речовини.</p> <p>Практичне заняття 19. Рідини. Капілярні явища. Задачі № 2.172, 176, 182, 187, 190, 193, 194 [5]</p> <p>Лабораторне заняття 12. Виконання лабораторної роботи № 11 «Визначення коефіцієнта теплопровідності твердих тіл» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт.</p>	2	2	3	5

20	<p>Лекція 20. Молекулярна фізика твердих тіл. Кристалічні й аморфні тверді тіла. Термодинамічні властивості кристалів. Закон Дюлонга-Пті.</p> <p>Практичне заняття 20. Кристали. Залежність теплоємності кристалів від температури. Задачі № 6.201-205 [5]</p> <p>Лабораторне заняття 13. Виконання лабораторної роботи № 13 «Визначення вологості повітря» [7]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт. 2. Вивести формулу для молярної внутрішньої енергії кристалічного твердого тіла для довільної температури 3. Вивести формули для теплоємності кристалічного твердого тіла для високих та низьких температур.</p>	2	2	3	10
21	<p>Лекція 21. Квантова теорія теплоємності кристалів (теорія Дебая). Температура Дебая.</p> <p>Практичне заняття 21. Кристали. Залежність теплоємності кристалів від температури. Задачі № 6.208, 209, 211, 213 [5]</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції, розв'язування домашніх задач, оформлення лабораторних робіт. 2. Підготовка до модульної контрольної роботи № 2</p>	2	2	0	7
22	<p>Лекція 22. Молекулярна фізика полімерів. Гума. Пластмаси. Біологічні полімери.</p> <p>Практичне заняття 22. Підготовка до модульної контрольної роботи № 2.</p> <p>Практичне заняття 23. Модульна контрольна робота № 2.</p> <p>Лабораторне заняття 14. Захист виконаних лабораторних робіт.</p> <p>Завдання для самостійної роботи: 1. Вивчення матеріалу лекції.</p>	2	3	3	5
	Всього	44	45	45	135

Загальний обсяг – **270 год.**, в тому числі:
лекцій – **44 год.**,
консультацій – **1 год.**,
практичних занять – **45 год.**,
лабораторних занять – **45 год.**,
самостійної роботи – **135 год.**

9. Рекомендована література

Основна:

1. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М. Молекулярна фізика.- К.: Знання, 2006.
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика.- М.: Высшая школа, 1987.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Т. II. Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Физматлит, 2005.
4. Савельев И.В. Курс общей физики: Т. 1. Механика. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1982.
5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике.- М.: Наука, 1988.
6. Сборник задач по общему курсу физики: Термодинамика и молекулярная физика. Под ред. Д.В.Сивухина.- М.: Физматлит; Лань, 2006.
7. Єщенко О.А., Кравченко В.М., Башмакова Н.В. та ін. Молекулярна фізика. Лабораторний практикум: Навчальний посібник для студентів природничих спеціальностей університетів.– К., 2020 (електронне видання).

Додаткова:

8. Reif F. Statistical Physics: Berkeley Physics Course, Vol. 5. Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2010.
9. Kondepudi D., Prigogine I. Modern Thermodynamics. John Wiley & Sons Inc., 1999.