

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Фізичний факультет**  
**Кафедра фізики металів**

**Затверджено**  
на засіданні кафедри фізики металів  
фізичного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 7 від 26 червня 2023 р.)

Завідувач кафедри



проф. Мудрий С. І.

**Силабус**  
**з навчальної дисципліни**  
**«Загальний фізичний практикум (молекулярна фізика)»,**  
**що викладається в межах ОПП «Фізика та астрофізика»**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів зі спеціальності 104 Фізика та астрономія**

**Львів 2023**

<b>Назва дисципліни</b>	Загальний фізичний практикум (молекулярна фізика)
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Львівський національний факультет імені Івана Франка, вул. Кирила і Мефодія, 8, 79005, м. Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Фізичний факультет, кафедра фізики металів
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 104 Фізика та астрономія
<b>Викладач дисципліни</b>	Білик Роман Миколайович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики металів
<b>Контактна інформація викладача</b>	roman.bilyk@lnu.edu.ua <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/bilyk">https://physics.lnu.edu.ua/employee/bilyk</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в очній формі в день проведення лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або онлайн засобами (Microsoft Teams, Zoom).
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://physics.lnu.edu.ua/academics/bachelor/curriculum-astrophysics">https://physics.lnu.edu.ua/academics/bachelor/curriculum-astrophysics</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Загальний фізичний практикум (молекулярна фізика)» є нормативною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, яка викладається в II семестрі в обсязі 3 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна «Загальний фізичний практикум (молекулярна фізика)» є доповненням до курсу «Молекулярна фізика» і базується на знаннях, отриманих в його рамках та передбачає краще засвоєння теорії за допомогою практики, зокрема через послідовне опанування студентами нових фізичних термінів і понять на основі фундаментальних положень молекулярної фізики та термодинаміки, що спираються на експериментальні результати, а також продовження процесу формування дослідницької культури (грамотне виконання лабораторного експерименту та обробки його результатів, оформлення звітів, застосування теорії похибок до оцінки точності та вірогідності одержаних результатів). Під час курсу студенти навчаються пояснювати на основі виконаних лабораторних робіт фізичний зміст спостережуваних явищ, які стосуються термодинаміки й статистичної фізики, а також методики проведення лабораторного експерименту з молекулярної фізики.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою даної дисципліни є опанування студентами за допомогою лабораторних дослідів знань, вмінь і навичок, що стосуються кола питань статистичної фізики та термодинаміки для вирішення майбутніх професійних задач. Завданням курсу є оволодіння студентами методикою навчального фізичного експерименту з молекулярної фізики та продовження формування у них дослідницьких вмінь та навичок.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Базова:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Якібчук П. М. Молекулярна фізика. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. / П. Якібчук, А. Королишин – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. – 131 с.</li> <li>2. Демків Т. М. Основи теорії похибок фізичних величин. Методичні матеріали для загального фізичного практикуму/ Т. Демків, О. Конопельник, Я. Шопя. Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. – 40 с.</li> <li>3. Якібчук П. М. Молекулярна фізика. Підручник./П. Якібчук, М. Клим – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2015. – 584 с.</li> <li>4. Лабораторія віртуальних симуляцій</li> </ol>

	<p><b>Допоміжна:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Молекулярна фізика. Лабораторний практикум: Навчальний посібник для студентів природничих спеціальностей університетів / За ред. О. А. Єщенка.– К.: Електронний друк, 2020. – 156 с.</li> <li>2. Методичні рекомендації до виконання експериментальних лабораторних робіт із молекулярної фізики / Укладачі: В.П. Пойда, В.В. Скляр, Е.В. Гапон, О.В. Шеховцов; Т.О. Невгасимова; під загальною редакцією В.П. Пойди. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015. – 111 с.</li> <li>3. Гапчин Б. М. Молекулярна фізика. Лабораторний практикум. / Б. Гапчин, Я. Дутчак, В. Френчко. Львів: Світ, 1990. – 237 с.</li> <li>4. Булавін Л. А. Молекулярна фізика / Л. Булавін, Д. Гаврюшенко, В. Сисоев – Київ: Знання, 2006. – 567 с.</li> <li>5. Кучерук І. М. Загальний курс фізики у трьох томах. Том 1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка / І. Кучерук, І. Горбачук, П. Луцик. – Київ: Техніка, 1999. – 536 с.</li> <li>6. Вихрущ В. О. Методологія та методика наукового дослідження/ В. Вихрущ, Ю. Козловський – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 336 с.</li> <li>7. Шопа Я. І. Студентська наукова робота: навч. посіб. : [для студ. фіз. ф-ту] / Я. Шопа, О. Конопельник, Н. Фтомин; за ред. П. Якібчука. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. – 184 с.</li> <li>8. Wolfram Demonstrations Project THERMODYNAMICS</li> </ol> <p>Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо.</p> <p><b>Інформаційні ресурси:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Національна бібліотека України імені Володимира Вернадського</li> <li>2. Львівська національна наукова Бібліотека України імені Василя Стефаника</li> <li>3. Наукова бібліотека Львівського національного університету імені Івана Франка</li> <li>4. Вікіпедія</li> </ol>
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	90 годин (3 кредити), з них 48 год лабораторних занять й 42 год самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>В результаті вивчення даного курсу студенти повинні <b>знати:</b> основні положення молекулярної фізики та термодинаміки, методики проведення експерименту різного типу з молекулярної фізики, правила техніки безпеки при проведенні фізичного експерименту;</p> <p><b>вміти:</b> організовувати фізичний навчальний та демонстраційний експерименти, застосовувати основні положення термодинаміки й статистичної фізики для аналізу, тлумачення та пояснення фізичного змісту спостережуваних в лабораторних дослідах процесів та явищ, обчислювати похибки вимірювань, дотримуватись правил техніки безпеки при проведенні експерименту.</p> <p>Після успішного завершення курсу студент набуває таких <i>загальних і фахових компетентностей:</i></p> <p>K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>K06. Навички міжособистісної взаємодії.</p> <p>K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p>

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

K17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

K18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

K19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

K20. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.

K23. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.

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.

K28. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі *програмні результати навчання*:

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.

ПРО3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПРО4. 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.

ПРО5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.

ПРО6. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.

ПРО7. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.

ПРО8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та

	<p>використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.</p> <p>ПР09. Мати 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.</p> <p>ПР10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів.</p> <p>ПР11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.</p> <p>ПР12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.</p> <p>ПР13. 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.</p> <p>ПР14. 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.</p> <p>ПР22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.</p> <p>ПР23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.</p> <p>ПР24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.</p>
<b>Ключові слова</b>	Тепловий рух матерії, агрегатні стани, теплота, внутрішня енергія, фазові переходи, теплові властивості речовини.
<b>Формат курсу</b>	Очний
<b>Теми</b>	Наведено у Таблиці 1
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти мають мати знання зі шкільного курсу фізики, математичного аналізу, аналітичної геометрії та механіки.
<b>Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу</b>	Дискусія, пошукова бесіда, віртуальні лабораторії, робота у малих групах.
<b>Необхідне обладнання</b>	Лабораторні прилади, персональний комп'ютер, загальнонавчівані комп'ютерні програми й операційні системи.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Слід виконати запропоновану викладачем кількість лабораторних робіт, які передбачають самопідготовку, виконання роботи в лабораторії молекулярної фізики, необхідні обчислення отриманих результатів та усний захист.</p> <p><b>Академічна доброчесність</b> здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної</p>

	<p>недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p><b>Відвідування занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають і виконають усі лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Усю літературу, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Для перевірки знань, умінь і навичок студентів при вивченні навчальної дисципліни використовуються такі форми контролю:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поточний;</li> <li>- підсумковий (залік).</li> </ul> <p>Поточний контроль передбачає оцінювання лабораторних робіт студентів. Оцінка за кожну роботу виставляється як середнє арифметичне двох оцінок: оцінки за проведення (наявність обчислень) та захист (усна відповідь). Бали на поточному контролі нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• виконання лабораторних робіт – 40% семестрової оцінки (максимальна кількість балів – 40);</li> <li>• захист звітів лабораторних робіт – 60% семестрової оцінки (максимальна кількість балів – 60).</li> </ul> <p>До підсумкового контролю допускаються студенти за умови наявності звітів всіх робіт. Підсумковий контроль здійснюється на основі накопичених балів протягом семестру в процесі поточного контролю.</p> <p>Підсумкова максимально можлива кількість балів – 100. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Таблиця 1

## Схема курсу «Загальний фізичний практикум (молекулярна фізика)»

Тиж.	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки й охорони праці.	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 1 год	1 тиждень
2	<b>Тема 1. Основні положення молекулярної фізики. Ідеальний газ. Рівняння стану ідеального газу</b> ЛР. Визначення тиску й температури. ЛР. Використання рівняння стану ідеального газу для визначення об'єму та густини. ЛР. Вивчення ізопроцесів в ідеальному газі. ЛР. Визначення універсальної газової сталої методом відкачування.	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 5 год	1 тиждень
3	<b>Тема 2. Елементи фізичної кінетики в ідеальному газі</b> ЛР. Визначення середньої довжини вільного пробігу та ефективного діаметра молекул газу. ЛР. Визначення коефіцієнта взаємної дифузії.	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 6 год	1 тиждень
4	<b>Тема 3. Основи термодинаміки. Перший і другий закони термодинаміки. Теплоємність ідеального газу. Політропний процес</b> ЛР. Визначення відношення $C_p/C_v$ методом Клемана–Дезорма.	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 5 год	1 тиждень
5-8	<b>Тема 4. Реальний газ. Елементи фізики рідини. Молекулярно-кінетичні характеристики рідкого стану. Властивості рідин</b> ЛР. Вивчення критичного стану речовини. ЛР. Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідин методом Стокса. ЛР. Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідин методом відриву краплі. ЛР. Визначення коефіцієнта об'ємного розширення рідин методом Дюлонга й Пті.	Лабораторні – 12 год, самостійна робота – 12 год	4 тижні
9	<b>Проміжне підсумкове заняття</b>	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 1 год	1 тиждень
10-15	<b>Тема 5. Особливості твердого агрегатного стану речовини. Фазові переходи. Розчини</b> ЛР. Визначення питомої теплоємності методом охолодження металів. ЛР. Визначення коефіцієнта термічного розширення твердих тіл. ЛР. Вивчення кристалізації металічних сплавів методом кривих охолодження. ЛР. Визначення коефіцієнта теплопровідності твердих тіл відносним методом. ЛР. Дослідження фазових переходів. ЛР. Вивчення явища кристалізації з розчину.	Лабораторні – 18 год самостійна робота – 12 год	6 тижнів
16	<b>Підсумкове заняття</b>	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 0 год	1 тиждень