

**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 № 9 від 30 серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри



Степан МУДРИЙ

**Силабус**  
**з навчальної дисципліни**  
**«Загальний фізичний практикум (молекулярна фізика)»,**  
**що викладається в межах ОПП «Нанофізика та наноматеріали»,**  
**ОПП «Комп'ютерні технології в прикладній фізиці»,**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів зі спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»**

**Львів 2024**

<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 – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
<b>Викладач дисципліни</b>	Никируй Юлія Семенівна, доцентка кафедри фізики металів, кандидатка фізико-математичних наук
<b>Контактна інформація викладача</b>	<a href="mailto:yuliya.nykyruy@lnu.edu.ua">yuliya.nykyruy@lnu.edu.ua</a> <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/nykyruj-yu-s">https://physics.lnu.edu.ua/employee/nykyruj-yu-s</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні</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-nanophysics">https://physics.lnu.edu.ua/academics/bachelor/curriculum-nanophysics</a> <a href="https://physics.lnu.edu.ua/course/zahalnyy-fizychnyy-praktykum-molekuliarna-fizyka-105-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy-op-nanofizyka-ta-nanomaterialy">https://physics.lnu.edu.ua/course/zahalnyy-fizychnyy-praktykum-molekuliarna-fizyka-105-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy-op-nanofizyka-ta-nanomaterialy</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Загальний фізичний практикум (молекулярна фізика)» є нормативною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», яка викладається в II семестрі в обсязі 4 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 дослідів фізичний зміст спостережуваних явищ, які стосуються молекулярної фізики й термодинаміки, 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 молекулярної 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> 1. Якібчук П. М. Молекулярна фізика. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. / П. Якібчук, А. Королишин – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. – 131 с. 2. Демків Т. М. Основи теорії похибок фізичних величин. Методичні матеріали для загального фізичного практикуму/Т. Демків, О. Конопельник, Я. Шопа. Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2008.- 40 с. 3. Якібчук П. М. Молекулярна фізика. Підручник./П. Якібчук, М. Клим – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2015. – 584 с.

	<p>4. <a href="#">Лабораторія віртуальних симуляцій</a>.</p> <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. Сисоєв – 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. Шопя Я. І. Студентська наукова робота: навч. посіб. : [для студ. фіз. ф-ту] / Я. Шопя, О. Конопельник, Н. Фтомин; за ред. П. Якібчука. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. – 184 с.</li> <li>8. Солтис І. В., Деревянчук О. В. Основи метрології. Навчальний посібник./ І. Солтис, О. Деревянчук. – Чернівці, Чернівецький національний університет, 2021. – 152 с.</li> <li>9. <a href="#">Wolfram Demonstrations Project THERMODYNAMICS</a></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. <a href="#">Національна бібліотека України імені Володимира Вернадського</a></li> <li>2. <a href="#">Львівська національна наукова бібліотека України імені Василя Стефаника</a></li> <li>3. <a href="#">Наукова бібліотека Львівського національного університету імені Івана Франка</a></li> <li>4. <a href="#">Вікіпедія</a></li> </ol>
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	120 годин (4 кредити), з них 48 год лабораторних занять й 72 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 експеримент, застосовувати основні положення молекулярної фізики та термодинаміки для аналізу, тлумачення та пояснення фізичного змісту спостережуваних в лабораторних дослідках процесів та явищ, обчислювати похибки вимірювань, дотримуватись правил техніки безпеки при проведенні експерименту.</p> <p>Після успішного завершення курсу студент набуде таких <i>загальних і фахових компетентностей:</i></p> <p>ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p>

	<p>ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>ЗК6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.</p> <p>ЗК8. Навички міжособистісної взаємодії.</p> <p>ЗК10. Навички здійснення безпечної діяльності.</p> <p>СК1. Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів.</p> <p>СК3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.</p> <p>СК5. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.</p> <p>СК7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.</p> <p>СК8. Здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах.</p> <p>Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі <i>програмні результати навчання</i>:</p> <p>ПРН01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.</p> <p>ПРН02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.</p> <p>ПРН03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.</p> <p>ПРН04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.</p> <p>ПРН05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.</p> <p>ПРН09. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.</p> <p>ПРН12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.</p> <p>ПРН 15. Вміти планувати і виконувати лабораторні та експериментальні дослідження за допомогою вимірювальних приладів, оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.</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 базові знання з фізики, математичного аналізу, аналітичної геометрії та механіки.
<b>Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу</b>	Дискусія, пошукова бесіда, робота у малих групах.
<b>Необхідне обладнання</b>	Лабораторні прилади: Цифровий вольтметр Щ4300, вольтметр універсальний В7-21, насос Комовського, потенціометр КСП-2005, секундомір, випрямляч учбовий В-24, біологічний мікроскоп, психрометр, установка ФПТ1-4 для вимірювання коефіцієнта дифузії,

	персональний комп'ютер, віртуальні лабораторії, загальноживані комп'ютерні програми й операційні системи.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Для перевірки знань, умінь і навичок студентів під час вивчення 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. Серед запропонованого переліку робіт слід виконати 13, які передбачають самопідготовку, виконання роботи в лабораторії молекулярної фізики, необхідні обчислення отриманих результатів, оформлення звіту та усний захист.</p> <p>Максимальна оцінка за кожену роботу – 10 балів.</p>
<b>Шкала оцінювання лабораторної роботи</b>	
<b>Бали</b>	<b>Критерії оцінювання</b>
10-9	Здобувач самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склав письмовий звіт про виконану роботу, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Допускаються незначні неточності у формулюваннях відповідей або при технічному оформленні звіту. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.
8-7	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт про виконання роботи, при оформленні допущено незначні помилки, самостійно зробив висновки. На захисті продемонстрував достатній рівень знань.
6-5	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками експериментальні результати, склав письмовий звіт з виконання роботи, де допущені помилки з оформлення, зробив неповний висновок. На захисті продемонстрував середній рівень знань.
4-3	Студент виконав експеримент частково з допомогою лаборанта/викладача відповідно до ходу роботи. Під час математичної обробки та оформлення роботи допущено суттєві помилки. Одержані результати дали можливість сформулювати правильні висновки або їх частину. На захисті тематичної лабораторної роботи продемонстровано задовільний рівень знань.
2-1	Студент провів експеримент з допомогою лаборанта/викладача, частково обробив результати експерименту, склав письмовий звіт з виконання роботи без належного оформлення, на захисті продемонстрував базовий рівень знань.
0	Здобувач не представив до захисту звіт з відповідної тематичної лабораторної роботи.
У разі відсутності студента під час проведення лабораторних занять з поважних причин йому надається право на відпрацювання. У всіх інших випадках відсутність здобувача на лабораторних заняттях	

	<p>автоматично зараховується йому як незадовільна оцінка (0 балів) за відповідну тематичну лабораторну роботу. Незадовільну оцінку студент має право перескласти. Додатковий термін перездачі призначає викладач.</p> <p>До підсумкового контролю допускаються студенти за умов наявності захищених звітів всіх робіт. Підсумковий контроль здійснюється підсумовуванням накопичених балів протягом семестру, розділеним на нормувальний коефіцієнт 1,3 в процесі поточного контролю.</p> <p>Підсумкова максимально можлива кількість балів – 100.</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 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> Враховуються бали, набрані на лабораторних роботах в процесі поточного контролю. 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>Додаткові бали (до 10 включно) можна отримати за написання тез, участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Загальний фізичний практикум (молекулярна фізика)»

Тиж.	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Л-ра	Термін виконання
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки й охорони праці.	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 1 год	Б:1,2 Д:6-8	1 тиждень

2	<p><b>Тема 1. Основні положення молекулярної фізики. Ідеальний газ. Рівняння стану ідеального газу</b></p> <p>ЛР. Визначення тиску й температури. ЛР. Використання рівняння стану ідеального газу для визначення об'єму та густини. ЛР. Вивчення ізопроесів в ідеальному газі. ЛР. Визначення універсальної газової сталої методом відкачування.</p>	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 3 год	Б:1-4 Д:1-8	1 тиждень
3	<p><b>Тема 2. Елементи фізичної кінетики в ідеальному газі</b></p> <p>ЛР. Визначення середньої довжини вільного пробігу та ефективного діаметра молекул газу. ЛР. Визначення коефіцієнта взаємної дифузії. ЛР. Вивчення статистичних закономірностей в системі багатьох частинок.</p>	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 6 год	Б:1-3 Д:1-8	1 тиждень
4	<p><b>Тема 3. Основи термодинаміки. Перший і другий закони термодинаміки. Теплоємність ідеального газу. Політропний процес</b></p> <p>ЛР. Визначення відношення <math>C_p/C_v</math> методом Клемана–Дезорма.</p>	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 6 год	Б:1,3, 4 Д:1- 5,9	1 тиждень
5-8	<p><b>Тема 4. Реальний газ. Елементи фізики рідини. Молекулярно-кінетичні характеристики рідкого стану. Властивості рідин</b></p> <p>ЛР. Вивчення критичного стану речовини. ЛР. Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідин методом Стокса. ЛР. Визначення та дослідження температурної залежності кінематичної в'язкості рідин за допомогою віскозиметра ВПЖ-12. ЛР. Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідин методом відриву краплі. ЛР. Дослідження залежності коефіцієнта поверхневого натягу від температури і концентрації розчину. ЛР. Визначення питомої теплоємності рідин відносним методом. ЛР. Визначення коефіцієнта об'ємного розширення рідин методом Дюлонга й Пті.</p>	Лабораторні – 12 год, самостійна робота – 24 год	Б:1-3 Д:1-5	4 тижні
9	<b>Проміжне підсумкове заняття</b>	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 1 год	Б:1,3 Д:6-9	1 тиждень

10-15	<p><b>Тема 5. Особливості твердого агрегатного стану речовини. Фазові переходи. Розчини</b></p> <p>ЛР. Визначення питомої теплоємності методом охолодження металів.</p> <p>ЛР. Визначення коефіцієнта термічного розширення твердих тіл.</p> <p>ЛР. Вивчення кристалізації металічних сплавів методом кривих охолодження.</p> <p>ЛР. Визначення коефіцієнта теплопровідності твердих тіл відносним методом.</p> <p>ЛР. Дослідження фазових переходів.</p> <p>ЛР. Вивчення явища кристалізації з розчину.</p>	Лабораторні – 18 год самостійна робота – 31 год	Б:1,3,4 Д:1-5	6 тижнів
16	<b>Підсумкове заняття</b>	Лабораторні – 3 год, самостійна робота – 0 год	Б:2 Д:6-9	1 тиждень