

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра молекулярної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
НЕЙТРОННІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕМЕТАЛІЧНИХ СИСТЕМ
(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма Фізичне матеріалознавство / Неметалічне матеріалознавство
(назва освітньої програми)
вид дисципліни вибіркова *БД 2.3.2*

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2025/2026</u>
Семестр	<u>8</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: професор Булавін Леонід Анатолійович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(класес, рік, семестр)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(класес, рік, семестр)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(класес, рік, семестр)

КИЇВ – 2022

Розробники¹:

Булавін Леонід Анатолійович, доктор фіз.-мат. наук, професор,
завідувач кафедри молекулярної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри молекулярної фізики

(підпис)

(Леонід БУЛАВІН)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 12 від «19» квітня 2022 року

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 11 від « 10 » червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії

(підпис)

(Олег ОЛІХ)

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 202 року

¹ Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – оволодіння сучасними нейтронними методами досліджень структурних і динамічних властивостей неметалічних систем.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати і вміти застосовувати методи математичного аналізу та лінійної алгебри в межах, які відповідають рівню бакалавр фізики.
2. Знати і вміти застосовувати закони рівноважної та нерівноважної термодинаміки в межах, які відповідають рівню бакалавр фізики.
3. Знати і вміти застосовувати методи класичної статистичної механіки рівноважних систем в межах, які відповідають рівню бакалавр фізики.
4. Знати і вміти застосовувати закони оптики в межах, які відповідають рівню бакалавр фізики.
5. Знати і вміти застосовувати закони ядерної фізики в межах, які відповідають рівню бакалавр фізики.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

Предмет навчальної дисципліни «Нейтронні методи дослідження неметалічних систем» включає теорію розсіяння нейтронів, теорію неметалічних систем та експериментальні дані про властивості неметалічних, які можуть бути отримані за допомогою нейтронної спектроскопії. Мета вивчення дисципліни - отримання глибоких та систематичних знань, які стосуються сучасних методів нейтронної діагностики м'якої матерії, у тому числі рідинних систем, полімерів тощо. Навчальна задача курсу полягає в ознайомленні студентів з основними методами нейтронної діагностики: малокутового, квазіпружного і непружного розсіяння нейтронів. Результати навчання полягають в умінні аналізувати експериментальні дані по розсіянню нейтронів з метою отримання інформації про структуру та динаміку молекул в різних типах неметалічних середовищ. Методи викладання: лекції, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, перевірка домашніх завдань, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (80%) та заліку (20%).

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення студентів з основними методами нейтронної діагностики неметалічних систем, у тому числі полімерів.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія»), ОПП «Фізичне матеріалознавство / Неметалічне матеріалознавство» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

Інтегральних:

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

Загальних:

- ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.
- ЗК11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.
- ЗК13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

Фахових:

- ФК07. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- ФК11. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
-

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1	Знання основних механізмів взаємодії нейтронів з речовиною	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, перевірка домашніх завдань, опитування, залік	15
1.2	Знання основних нейтронних методів дослідження конденсованого стану (малокутового розсіяння, квазіпружного і непружного розсіяння)	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, перевірка домашніх завдань, опитування, залік	20
1.3	Розуміння поняття про узагальнений частотний спектр конденсованого середовища	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, перевірка домашніх завдань, опитування, залік	15
2.1	Вміти аналізувати експериментальні дані по розсіянню нейтронів, у тому числі узятих з іншомовних джерел, з метою отримання інформації про структуру та динаміку молекул в різних типах неметалічних середовищ.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, перевірка домашніх завдань, опитування	15
2.2	Вміти порівнювати експериментальні дані по розсіянню нейтронів з відповідними теоретичними розрахунками та результатами комп'ютерного експерименту, у тому числі узятих з іншомовних джерел.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, перевірка домашніх завдань, опитування	15
3.1	Здатність логічно і послідовно формулювати свої думки при вирішенні задач нейтронної діагностики неметалічних середовищ	Самостійна робота	Перевірка домашніх завдань, опитування	10
4.1	Відповідальне ставлення до виконання завдань в галузі нейтронної діагностики неметалічних середовищ з дотриманням принципів академічної доброчесності	Самостійна робота	Перевірка домашніх завдань, опитування	10

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3.1	4.1
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.	+	+					
ПРН05. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.			+				
ПРН09. 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.				+	+		
ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.						+	+
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та 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	+	+					
ПРН22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства		+					+

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Методи нейтронної діагностики», який включає в себе 7 лекцій, та «Нейтронна діагностика різних типів неметалічних середовищ», який складається з 8 лекцій.

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. Опитування під час першого змістового модуля (10 балів).
2. Модульна контрольна робота 1 (15 балів).
3. Перевірка виконання домашніх завдань та завдань для самостійного опрацювання першого змістового модуля (15 балів).

1. Опитування під час другого змістового модуля (10 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (15 балів).
3. Перевірка виконання домашніх завдань та завдань для самостійного опрацювання першого змістового модуля (15 балів).

- підсумкове оцінювання у формі заліку (20 балів).

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>10</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>20</u>	<u>100</u>

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше 40 балів.¹

(слід чітко прописати умови, які висуваються викладачами даної дисципліни).

Оцінка за залік не може бути меншою **10 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Шкала відповідності

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	самостійна робота
Частина 1. Методи нейтронної діагностики				
1	Тема 1. Вступ до нейтронної діагностики конденсованих середовищ. Основи методу нейтронної діагностики. Класифікація методів нейтронної діагностики. Класифікація м'якої матерії. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.	2		4
2	Тема 2. Малокутове розсіювання нейтронів. Основні принципи малокутового розсіювання нейтронів. Малокутова дифракція. Інваріанти в малокутовому розсіюванні нейтронів. Метод моделей при інтерпретації малокутових даних. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.	2		4
3	Тема 3. Квазіпружне розсіювання нейтронів. Основні принципи квазіпружного розсіювання нейтронів. Інтерпретація даних по розсіюванню повільних нейтронів конденсованими середовищами. Особливості розсіювання повільних нейтронів середовищами, що містять водень. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.	2		4
4	Тема 4. Динамічні моделі конденсованих середовищ. Динамічні моделі конденсованих середовищ.	2		4

¹ У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

	Моделювання динаміки середовища за допомогою функції Ван-Хова. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.			
5	Тема 5. Дослідження динаміки молекул води. Дослідження динаміки молекул води у воді та водних розчинах електролітів методом квазіупругого розсіювання повільних нейтронів. Самодифузія іонів у водних розчинах електролітів. Колективний та одночастинковий внески в коефіцієнт самодифузії. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.	2		4
6	Тема 6. Непружне розсіювання нейтронів у конденсованому середовищі. Теорія. Опис динамічних властивостей конденсованих середовищ за допомогою частотного спектра з даних по непружному розсіюванню нейтронів. Узагальнений частотний спектр води та водних розчинів електролітів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.	2		4
7	Тема 7. Непружне розсіювання нейтронів у конденсованому середовищі. Експеримент і комп'ютерне моделювання. Автокореляційна функція швидкості протонів молекул води. Розрахунок авто кореляційної функції швидкості та узагальненого частотного спектра методом молекулярної динаміки. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.	2		4
	Модульна контрольна робота 1	2		
Частина 2. Нейтронна діагностика різних типів неметалічних середовищ				
8	Тема 8. Нейтронна діагностика рідинних сумішей «вода – фулерен». Дослідження структури, форма та розміри агрегатів рідинної суміші «вода – фулерен». Середній розмір агрегатів. Моделі полідисперсних сфер та еліпсоїдів. Особливості процесу коагуляції, динаміка коагуляції рідинної суміші «вода – фулерени». Моделі структури суміші, вибір адекватної моделі структури рідинної суміші «вода – фулерени». с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.	2		4
9	Тема 9. Зв'язок між фізико-хімічними та деполімеризуючими властивостями рідинних систем фулеренів із амілоїдами за даними нейтронної спектроскопії. Зв'язок між фізико-хімічними та деполімеризуючими властивостями рідинних систем фулеренів із амілоїдами. Медико-біологічне застосування рідинних систем фулеренів із амілоїдами за даними нейтронної спектроскопії. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.	2		4
10	Тема 10. Діагностика рідинних систем із самоорганізацією. ПАР. Поверхнево-активні речовини. Класифікація ПАР за полярними групами. Критична концентрація міцелоутворення. Термодинамічний опис процесу міцелоутворення. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.	2		4
11	Тема 11. Діагностика рідинних систем із	2		4

	<p>самоорганізацією. Колоїдні системи. Фазова діаграма та точка Крафта. Розсіяння нейтронів колоїдною рідинною системою. Теорія розсіяння нейтронів у рідинних системах з макроіонами. Теорія розсіяння нейтронів в іонних розчинах із макроіонами різних сортів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.</p>			
12	<p>Тема 12. Нейтронні дослідження процесу міцелоутворення в рідинній системі «вода-катионна ПАР». Вплив домішок солі NaBr на міцелоутворення в рідинній системі з катионною ПАР. Вплив довжини алкільного ланцюга на міцелоутворення в рідинній системі з катионною ПАР. Вплив тиску на структуру колоїдної системи із самоорганізацією. Структурні перетворення в рідинній системі з катионною ПАР. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.</p>	2		4
13	<p>Тема 13. Діагностика міцелоутворення в розчинах неіоногенних ПАР Дослідження міцелярних розчинів неіоногенних ПАР у воді й водно-солевих розчинах. Вплив неорганічних солей на структуру міцел неіоногенних ПАР. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.</p>	2		4
14	<p>Тема 14. Структурні характеристики магнітних рідинних систем, виготовлених кількома різними методами, за методами МКРН з варіацією нейтронної контрастності. Структурні характеристики магнітних рідинних систем, виготовлених кількома різними методами, за методами МКРН з варіацією нейтронної контрастності. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.</p>	2		4
15	<p>Тема 15. Структурні характеристики магнітних рідинних систем на основі феритових шпінелей та манганітів стронцію, пов'язаних із умовами синтезу та стабілізації наночастинок у водному середовищі. Структура агрегатів у водних магнітних рідинних системах основі феритових шпінелей та манганітів стронцію. Відмінність структурних параметрів частинок ферофлюїдів основі феритових шпінелей та манганітів стронцію. Умови синтезу та стабілізації наночастинок у водному середовищі. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашніх завдань.</p>	2		4
	Модульна контрольна робота 2	2		
	ВСЬОГО	30		60

Загальний обсяг 90 год.², в тому числі:

Лекцій – **30** год.

Практичні заняття – 0 год.

Лабораторні заняття – 0 год.

Консультації – 2 год.

Самостійна робота – **60** год.

² Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА³:

Основна: (Базова)

1. Булавін Л.А. Нейтронна діагностика рідкого стану речовини. – Чорнобиль: Ін-т проблем безпеки АЕС, 2012.- 532с.
2. 4. Булавін Л.А., Кизима О.А., Носовський А.В. Нейтронна діагностика розчинів фулеренів. – Чорнобиль (Київ. обл.): Ін-т проблем безпеки АЕС, 2019. – 184 с.
3. 3. Булавін Л.А., Куклін О.І., Носовський А.В., Соловйов Д.В. Нейтронні та рентгенівські дослідження ліпідних мембран. – Чорнобиль (Київ. обл.): Ін-т проблем безпеки АЕС, 2021. – 160 с.

Додаткова:

4. Булавін Л.А., Авдєєв М.В., Ключников О.О., Нагорний А.В., Петренко В.І. Нейтронографія магнітних рідинних систем. – Чорнобиль (Київ. обл.): Ін-т проблем безпеки АЕС, 2015. – 244 с.
5. Boothroyd A.T. Principles of neutron scattering from condensed matter. – Oxford University Press, 2020. – 512 p.
6. Neutron Scattering - Applications in Biology, Chemistry, and Materials Science / Edited by Felix Fernandez-Alonso and David L. Price. – Academic Press, 2017. – 782 p.

³ В тому числі Інтернет ресурси