

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра теоретичної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана/директора
навчальної роботи

Владислав Д. Сергук
2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
ТЕОРІЯ РІДКИХ КРИСТАЛІВ
(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10. Природничі науки
(цифра і назва)
спеціальність 104. Фізика та астрономія
(цифра і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма фізика
(назва освітньої програми)
спеціалізований
вибірковий блок теоретична фізика
(за наявності) (назва)
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2022/2023</u>
Семестр	<u>7</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: Решетняк В.Ю.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники²: Решетняк В.Ю., докт. фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної фізики.

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри кафедри теоретичної фізики



(підпис)

(Решетняк В.Ю.)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 19 від «27» 05.2022р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту³

Протокол від «10» 06 2022 року № 11

Голова науково-методичної комісії



(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

« » 20 року

² 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).

³ У випадку читання дисципліни, яка не є профільною для факультету чи інституту обов'язковим є погодження з науково-методичною комісією профільного факультету. У випадку економічних та юридичних наук погодження із предметною комісією з економічних та юридичних наук при Науково-методичній раді Університету.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – оволодіння студентами знаннями з теорії рідких кристалів; отримання знань з розв'язку складних задач фізики рідких кристалів сучасними методами теоретичної фізики, зокрема, теорії фазових перетворень та флуктуацій, лінійної та нелінійної оптики; опанування та розробка теоретичних моделей фізичних задач на основі теорії рідких кристалів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- Знати фізику і математику на рівні, що відповідає кваліфікації „бакалавр фізики”, зокрема для оволодіння дисципліною необхідні знання з курсів „Математичний аналіз”, „Електродинаміка”, „Основи векторного та тензорного аналізу”, „Механіка” тощо.
- Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, математичної фізики, основ векторного та тензорного аналізу та диференціальних рівнянь для розв'язку алгебраїчних та диференціальних рівнянь та систем.
- Володіти елементарними навичками обчислення похідних, інтегралів, графічно будувати графіки функцій, визначати та розкладувати функції в ряд та інтеграл Фур'є. Вільно володіти навичками представлення дельта-функції, Гама-функції, Бета-функції.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

Навчальна дисципліна “Теорія рідких кристалів” є складовою освітньо-професійної програми “Фізика”, рівень вищої освіти: перший, за освітнім ступенем “Бакалавр” спеціальності 104 “Фізика та астрономія”. Даний курс за вибором спеціалізованого вибіркового блоку “Теоретична фізика”. Програма курсу орієнтована на студентів, які вже знайомі з математичним аналізом, основами векторного та тензорного аналізу, загальним курсом механіки, електрики, оптики, диференціальним численням тощо. Навчальну дисципліну присвячено вивченню теорії рідких кристалів та їх застосування на практиці. Результати навчання полягають у здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов. Методи викладання: лекції, консультації, самостійна робота студентів. Методи оцінювання: опитування в процесі занять, контрольні роботи після основних розділів лекційних курсів, захист написаних рефератів, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (80%) та заліку (20%).

4. Завдання (навчальні цілі) – оволодіння студентами методів експериментального дослідження та теоретичного опису задач з курсу теорії рідких кристалів, зокрема, здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями з курсу, здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, в тому числі, електронних ресурсів, та здатність студентів до абстрактного мислення, аналізу та синтезу матеріалу з всіх фізичних дисциплін.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП “Фізика”, дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає

застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

загальних:

- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК3).

спеціальних (фахових):

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК1).
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів (ФК3).
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем (ФК5).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК7).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК10).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук (ФК13).
- Здатність аналізувати світові тренди розвитку фізики та астрономії для вибору власної освітньої траєкторії навчання та тематики майбутніх наукових досліджень (ФК15).

5. Результати навчання за дисципліною:

<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	Знати основні поняття теорії рідких кристалів, зокрема класифікацію рідких кристалів.	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, залік</i>	10
1.2	Знати основні методи розрахунку ефективних значень тензора діелектричної проникності середовищ.	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, задачі, залік</i>	10
1.3	Знати методи розрахунку просторового розподілу директора нематичного рідкого кристалу.	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, задачі, залік</i>	10
1.4	Знати як отримується пружна енергія орієнтаційної деформації нематичних рідких кристалів; поведінку рідких кристалів у зовнішньому електричному або магнітному полі;	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, задачі, перевірка рефератів та інших форм самостійної</i>	10

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

			<i>роботи, залік</i>	
2.1	Вміти вивести рівняння для пружної енергії нематичних рідких кристалів.	<i>Лекції Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, залік</i>	5
2.2	Вміти отримати критичні значення температури фазового переходу та параметру порядку.	<i>Лекції Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, задачі, залік</i>	5
2.3	Вміти робити теоретичні розрахунки просторового розподілу зовнішнього електричного поля та директора нематичного рідкого кристалу.	<i>Лекції Самостійна робота</i>	<i>Модульна контрольна робота</i>	15
2.4	Вміти порахувати критичного значення напруги при переході Фредерікса в електричному полі	<i>Лекції Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, залік</i>	10
3.1.	Демонструвати спілкування в діалоговому режимі з колегами та цільовою аудиторією, ведення професійної наукової дискусії.	<i>Лекції Самостійна робота</i>	<i>Оцінювання доповідей здобувачів та інших форм самостійної роботи</i>	5
3.2.	Письмово відображувати та презентувати результати своїх досліджень	<i>Самостійна робота</i>	<i>Звіти про виконання самостійної роботи</i>	5
4.1	Автономно презентувати міні проект-роботу по одній із темі лекцій теорії рідких кристалів	<i>Самостійна робота</i>	<i>Звіти про виконання самостійної роботи</i>	15

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

Результати навчання дисципліни											
Програмні результати навчання	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	4.1
ПРН1. 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 8 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.											
ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН6. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН8. 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.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
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.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН15. Знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних і астрономічних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
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.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.	+	+	+	+					+	+	+
ПРН23. Розуміти історію та закономірності									+	+	+

розвитку фізики та астрономії.												
ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН26. Мати базові навички самостійної оцінки рівня освітніх програм з фізики та астрономії у глобальному освітньому просторі для вибору цілеспрямованих візитів по програмі академічної мобільності.										+	+	+
ПРН27. Мати базові навички самостійної оцінки рівня освітніх програм із природничих наук в Україні і світі для їх вибіркового опанування в рамках міждисциплінарного шляху розвитку науки.										+	+	+
ПРН28. Мати уявлення про трансдисциплінарний шлях розвитку науки та його значення для вибору майбутньої освітньої траєкторії.										+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. *Модульна контрольна робота* : РН 2.3 - 12 балів

2. *Захист звітів самостійних робіт, усні відповіді, задачі* : РН 1.1-1.3, 2.1-2.2, 3.1,3.2,4.1 - 60 балів.

3. *Захист реферату* : РН 1.4 - 8 балів.

- підсумкове оцінювання: у формі заліку

Підсумкова оцінка з освітнього компонента в цілому, підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час заліку.

Формою проведення заліку є написання письмової роботи з подальшою усною співбесідою. Результатами навчання, які оцінюються на заліку, є РН 1.1-41.. Максимальна кількість балів, яка може бути отримати здобувачем освіти під час заліку, становить 20 балів за 100 бальною шкалою.

Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

- умови допуску до підсумкового заліку:

Обов'язковою умовою допуску до заліку є відпрацювання всіх самостійних робіт та написання модульної контрольної роботи. Здобувач освіти не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше ніж 48 балів.⁴

7.2. Організація оцінювання:

Модульна контрольна робота проводиться по завершенні тематичних лекцій.

⁴ У випадку, коли дисципліна завершується заліком, не менше – 20 балів, а рекомендований мінімум не менше 48 балів, оскільки якщо студент на заліку набрав менше 12 балів (а це 60% від 20 балів, відведених на залік), то вони не додаються до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в заліковій відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

Захист звітів самостійних робіт проводиться упродовж семестру.

	ЗМ1	залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>48</u>	<u>12</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>80</u>	<u>20</u>	<u>100</u>

7.3 Шкала відповідності оцінок

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

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ Тематичний план лекцій та самостійних робіт

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	семінари	самост.р обота	Інші форми контр.
1	Класифікація рідких кристалів. Параметр порядку	2		4	
2	Теорія Ландау рідких кристалів.	2		4	
3	Пружня енергія рідких кристалів.	2		2	
4	Рідкі кристали у зовнішньому полі. Енергія зчеплення.	2		4	
5	Перехід Фредерікса в магнітному полі.	2		4	
6	Перехід Фредерікса в електричному полі.	2		2	
7	Флуктуації в рідких кристалах.	2		4	
8	Рідкі кристали з домішками, зокрема, наповнені нано-частинками.	2		4	
9	Гідродинаміка рідких кристалів. Нестійкість рідких кристалів у змінному електричному полі	2		4	
10	Дефекти в рідких кристалах. Класифікація.	2		6	
11	Оптика холестеричних рідких кристалів	2		5	
12	Особливості смектичних рідких кристалів	2		5	

13	Ліотропні рідкі кристали.	2		5	
14	Комп'ютерне моделювання рідких кристалів. Співставлення з експериментальними даними	2		5	
15	Застосування рідких кристалів у біології та медицині	2		2	
	ВСЬОГО	30		60	

Загальний обсяг **90 год.**⁵, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття – **0 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації - **0 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁶:

Основна: (Базова)

1. П. де Жен. Физика жидких кристалов. М.: Мир, 1977;
2. С. Чандрасекар. Жидкие кристаллы. М.: Мир, 1980;
3. Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978;
4. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, Теоретическая физика, т.2 Теория поля, Москва, Наука, 1988;
5. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, Теоретическая физика, т.8 Электродинамика сплошных сред, Москва, Наука, 1982;
6. V. Belyakov, *Diffraction Optics of Complex-Structured Periodic Media: Localized Optical Modes of Spiral Media*, 2nd Ed., Springer, 2019, xix, 253 pp. ISBN 978-3-319-43482-7 (Springer Series in Optical Sciences, vol. 203).
7. Yi-Hsin Lin and Yu-Jen Wang and Victor Reshetnyak, Liquid crystal lenses with tunable focal length, *Liquid Crystals Reviews*, 5,2, 111-143, 2017, <https://doi.org/10.1080/21680396.2018.1440256>
8. Lev M. Blinov Structures and properties of liquid crystals, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-8829-1>
9. V.Yu. Reshetnyak. Effective medium theory for anisotropic media with plasmonic core-shell nanoparticle inclusions / V.Yu. Reshetnyak, I.P. Pinkevych, T.J. Sluckin, A.M. Urbas, and D.R. Evans // *Eur. Phys. J. Plus* – 2018 – p. 133;
10. V. I. Zadorozhnii. The Frederiks effect and related phenomena in ferronematic materials / V. I. Zadorozhnii, T. J. Sluckin, V. YU. Reshetnyak, and K. S. Thomas // *Siam J. Appl. Math.* – 2008 – Vol. 68, No. 6 – pp. 1688-1716.

Додаткова:

11. Сонин А.С. Введение в физику жидких кристаллов. М.: Наука, 1983;
12. Беляков В.А., Сонин А.С. Оптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1982;
13. I.C. Khoo *Liquid Crystals: Physical Properties and Nonlinear Optical Phenomena*;

⁵ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

⁶ В тому числі Інтернет ресурси