

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

фізичний
(назва факультету)

Кафедра теоретичної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
ФІЗИКА РІДКИХ КРИСТАЛІВ
(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 магістр
(молодший бакалавр, бакалавр, м. аїстр)
освітня програма квантові комп'ютери, обчислення та інформація
(назва освітньої програми)
спеціалізація _____
(за наявності) (назва спеціалізації)
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2021/2022</u>
Семестр	<u>4</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладач: Решетняк В.Ю.

Пролоновано: на 2022/2023 н.р. _____ (підпис, ПІБ, дата) 2022р.

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

КИЇВ – 2020

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 теоретичної фізики

В.Ю. Решетняк
(підпис)

(Решетняк В.Ю.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 7 від 24 12 2020р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту³

Протокол від 24 12 2020 року № 36

Голова науково-методичної комісії

В.Ю. Решетняк
(підпис)

(Решетняк В.Ю.)
(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 електродинаміки неоднорідних анізотропних композитів на основі 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, гідродинаміки, теорії дефектів тощо; опанування та розробка деяких комп'ютерних програм та моделей, що застосовуються при розв'язку складних задач фізики 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 „Оптика”, „Електродинаміка”, „Квантова механіка”, „Термодинаміка і статистична фізика”.
- 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; користуватися сучасними комп'ютерними програмами для розв'язання задач електродинаміки та мінімізації функціонала вільної енергії.
- 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:

Нормативна навчальна дисципліна “Фізика рідких кристалів” є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр фізики”. 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 фізики рідких кристалів та їх застосування на практиці. Результати навчання полягають у здатності розв'язувати складні задачі та проблеми дослідницького та інноваційного характеру у фізиці та астрономії. Методи викладання: лекції, консультації, самостійна робота студентів. Методи оцінювання: опитування в процесі занять, контрольні роботи після основних розділів курсу, захист написаних рефератів, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (80%) та заліку (20%).

4. Завдання (навчальні цілі) – оволодіння студентами методів отримання, експериментального дослідження та теоретичного опису задач з курсу теорії рідких кристалів, зокрема, здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях для розрахунку пружної енергії орієнтаційної деформації рідких кристалів у зовнішньому електричному або магнітному полі, тощо. Також 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 (другий (магістерський) рівень вищої освіти (восьмиц рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП “Квантові комп'ютери, обчислення та інформація”, дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

- здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

загальних:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗКО1).
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗКО2).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗКО3).
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗКО4).
- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗКО5).

Спеціальних (фахових):

- Здатність використовувати закони та принципи фізики та астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ (СКО1).
- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики (СКО2).
- Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики (СКО4).
- Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики й дотичних до них міждисциплінарних областях (СКО5).
- Вміти проводити теоретичні дослідження фізичних явищ в конденсованих і газових середовищах на мікроскопічному та макроскопічному рівнях, у тому числі із застосуванням методів теорії квантових комп'ютерів (СКО11).

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 та теорію самоузгодженого поля 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	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, задачі, перевірка</i>	10

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

	кристалів у зовнішньому електричному або магнітному полі;		рефератів та інших форм самостійної роботи, залік	
2.1	Вміти вивести рівняння нематостатики	Лекції Самостійна робота	Усні відповіді, залік	5
2.2	Вміти отримати критичні значення температури фазового переходу та параметру порядку.	Лекції Самостійна робота	Усні відповіді, задачі, залік	5
2.3	Вміти робити теоретичні розрахунки просторового розподілу зовнішнього електричного поля та директора нематичного рідкого кристалу.	Лекції Самостійна робота	Модульна контрольна робота	25
2.4	Вміти моделювати оптичні властивості рідкокристалічних лінз з використанням сучасних числових пакетів.	Лекції Самостійна робота	Перевірка рефератів та програм по темі	15
3.1.	Демонструвати спілкування в діалоговому режимі з колегами та цільовою аудиторією, ведення професійної наукової дискусії.	Лекції Самостійна робота	Оцінювання доповідей здобувачів та інших форм самостійної роботи	5
3.2.	Письмово відображувати та презентувати результати своїх досліджень	Самостійна робота	Звіти про виконання практичних робіт	5

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

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2
Програмні результати навчання										
РНО1 Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики для розв'язання складних задач і практичних проблем.	+	+	+	+	+	+	+			
РНО5 Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та астрономічних явищ, об'єктів та процесів.		+		+			+			
РНО7 Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики, оприлюднених у формі публікацій чи усної доповіді.									+	+
РНО17 Проводити теоретичні та експериментальні дослідження оптичних та електричних властивостей кристалів, напівпровідникової та металевих					+			+		

наночастинок.										
РНО19 Аналізувати електронні процеси в макромолекулах та наносистемах; отримувати характеристики окремих функціональних молекул для наноелектроніки та нанофотоніки.				+				+		

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. *Модульна контрольна робота* : РН 2.3 - 20 балів

2. *Захист звітів самостійних робіт, усні відповіді, задачі* : РН 1.1-1.4, 2.1-2.2, 3.1,3.2 - 32 бали / 8 балів / 8 балів.

3. *Захист реферату* : РН 2.4 - 12 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 1.1-3.2. Максимальна кількість балів, яка може бути отримати здобувачем освіти під час заліку, становить 20 балів за 100 бальною шкалою.

Перекладання 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.

Захист звітів самостійних робіт проводиться упродовж семестру.

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

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.

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 РК. Параметр порядку. Теорія середнього поля	2		6	
2	Теорія Ландау РК Пружня енергія РК	4		4	
3	РК у зовнішньому полі. Довжина когерентності. Енергія зчеплення	2		4	
4	Перехід Фредерікса в магнітному полі Перехід Фредерікса в електричному полі	4		4	
5	Флуктуації в РК Розсіяння світла на флуктуаціях директора	4		4	
6	Рідкі кристали, наповнені феромагнітними та феро-електричними нано-частинками	2		4	
7	Гідродинаміка РК. Орієнтація в потоці. Нестійкість РК в змінному електричному полі	2		4	
8	Дефекти в РК	2		10	
9	Оптика холестеричних РК	2		5	
10	РК дисперговані в полімерній матриці	2		5	
11	Особливості смектичних РК	2		5	
12	Ліотропні рідкі кристали. Застосування в біології та медицині	2		5	
	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:

Основни: (Базова)

1. П. де Жен. Физика жидких кристаллов. 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. Yu. Reshetnyak. Cloaking by shells with radially inhomogeneous anisotropic permittivity / V. Yu. Reshetnyak, I. P. Pinkevych, T. J. Sluckin, and D. R. Evans // Optical Express A32 – 2016 – Vol. 24, no. 2. – # 251939;
7. Anna N. Morozovska. Controlling the domain structure of ferroelectric nanoparticles using tunable shells / Anna N. Morozovska, Eugene A. Eliseev, Yevhen M. Fomichov, Yulian M. Vysochanskii, Victor Yu. Reshetnyak, Dean R. Evans // Acta Materialia 183 – 2020 – pp. 36-50;
8. 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;
9. 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:

10. Сонин А.С. Введение в физику жидких кристаллов. М.: Наука, 1983;
11. Беляков В.А., Сонин А.С. Оптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1982;
12. 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