

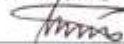
<sup>1</sup> Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники<sup>2</sup>: Решетняк В.Ю., докт. фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри теоретичної фізики.

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри теоретичної фізики

  
(підпис)

Решетняк В.Ю.  
(прізвище та ініціали)

Протокол № Від «26» 2024р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту<sup>3</sup>

Протокол від «18» 06 2023 року № 11

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

(Оліх О.Я.)  
(прізвище та ініціали)

«16» 06 2024 року

<sup>2</sup> 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).

<sup>3</sup> 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. 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 у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики 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, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

**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 “Фізичне матеріалознавство/Неметалічне матеріалознавство”, дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

### інтегральної:

- 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:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1);
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК3);

спеціальних (фахових):

- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів (ФК2);
- Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень (ФК4);
- Здатність аналізувати світові тенденції розвитку фізики для вибору власної освітньої траєкторії (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>
Ко д	Результат навчання			
1.1	Знати основні поняття теорії рідких кристалів, зокрема класифікацію рідких кристалів.	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, іспит</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, іспит</i>	10
1.3	Знати методи розрахунку просторового розподілу директора нематичного рідкого кристалу.	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, задачі, іспит</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 роботи, іспит</i>	10
2.1	Вміти вивести рівняння для пружної енергії нематичних рідких кристалів.	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, іспит</i>	5
2.2	Вміти отримати критичні значення температури фазового переходу та параметру порядку.	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Усні відповіді, задачі, іспит</i>	5
2.3	Вміти робити теоретичні розрахунки просторового розподілу зовнішнього електричного поля та директора	<i>Лекції</i> <i>Самостійна робота</i>	<i>Модульна контрольна робота</i>	15

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

	нематичного рідкого кристалу.			
2.4	Вміти порахувати критичного значення напруги при переході Фредерікса в електричному полі	Лекції Самостійна робота	Усні відповіді, іспит	10
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 самостійної роботи	5
4.1	Автономно презентувати міні проект-роботу по одній із темі лекцій теорії рідких кристалів	Самостійна робота	Звіти про виконання самостійної роботи	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 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН4. 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.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експе-									+		

риментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.											
ПРН26. Знати основні сучасні фізичні теорії, що пов'язані з поясненням властивостей матеріалів; вміти застосовувати їх до пояснення властивостей неметалічних систем з різним функціональним призначенням	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН27. Мати базові навички експериментального дослідження функціональних матеріалів різноманітного призначення, вміти обирати оптимальні методи та засоби їхнього дослідження.									+	+	+
ПРН28. Розуміти міждисциплінарні шляхи розвитку науки та мати навички міждисциплінарних матеріалознавчих досліджень.									+	+	+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота : РН 2.3 - 9 балів

2. Захист звітів самостійних робіт, усні відповіді, задачі : РН 1.1-1.3, 2.1-2.2, 3.1,3.2,4.1 - 45 балів.

3. Захист реферату : РН 1.4 - 6 балів.

#### - підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Підсумкова оцінка з освітнього компонента в цілому, підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит, 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 іспиту.

Формою проведення іспиту є написання письмової роботи з подальшою усною співбесідою. Результатами навчання, які оцінюються на іспиті, є РН 1.1-41.. Максимальна кількість балів, яка може бути отримати здобувачем освіти під час іспиту, становить 40 балів за 100 бальною шкалою.

Перекладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

#### - умови допуску до іспиту:

Обов'язковою умовою допуску до іспиту є відпрацювання всіх самостійних робіт та написання модульної контрольної роботи. Здобувач освіти не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.<sup>1</sup>.

### 7.2. Організація оцінювання:

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

Модульна контрольна робота проводиться по завершенні тематичних лекцій.

Захист звітів самостійних робіт проводиться упродовж семестру.

	ЗМ	іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>36</u>	<u>24</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>60</u>	<u>40</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. робота	Інші форми контр.
1	Класифікація рідких кристалів. Параметр порядку	4		2	
2	Теорія Ландау рідких кристалів.	4		2	
3	Пружня енергія рідких кристалів.	4		2	
4	Рідкі кристали у зовнішньому полі. Енергія зчеплення.	2		2	
5	Перехід Фредерікса в магнітному полі.	4		2	
6	Перехід Фредерікса в електричному полі.	4		2	
7	Флуктуації в рідких кристалах.	2		2	
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.	4		4	
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	4		3	
15	Застосування рідких кристалів у біології та медицині	2		2	
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>44</b>		<b>46</b>	

**Загальний обсяг 90 год.<sup>2</sup>**, в тому числі:

Лекцій – **44 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття – **0 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації - **0 год.**

Самостійна робота - **46 год.**

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА<sup>3</sup>:

**Основна:** (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. 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*;

<sup>2</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

<sup>3</sup> В тому числі Інтернет ресурси