

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Інститут магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти  
і науки України**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор

ІМаг НАН України та МОН України

д.ф.-м.н., професор

 **Олександр ТОВСТОЛИТКІН**  
«06» вересня 2022 р.



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (Силабус)**

**Н 3 ВИБРАНІ РОЗДІЛИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ 1**

(шифр та назва дисципліни)

для аспірантів

спеціальності 104 Фізика та астрономія

третього освітнього (освітньо-наукового) рівня  
вищої освіти – доктора філософії

Київ – 2022

**Розробник:**

Доктор фіз.-мат. наук, професор

Джежеря Юрій Іванович

(підпис)

**Робочу програму узгоджено науково-методичною радою**

Протокол від 30.08.2022р. № 1

Голова науково-методичної ради \_\_\_\_\_ Ольга САЛЮК

(підпис)

Робочу програму затверджено Вченою радою ІМаг НАН України та МОН України

Протокол від 06 вересня 2022 № 5-22

Голова Вченої ради \_\_\_\_\_ Олександр ТОВСТОЛИТКІН

(підпис)

**Робочу програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником освітньої програми):** Прикладна фізика та наноматеріали 06 вересня 2022 р.

(назва освітньої програми)

Гарант освітньої програми \_\_\_\_\_ Олександр ТОВСТОЛИТКІН

(підпис)



Пролонговано Вченою радою ІМаг НАН України та МОН України:

навчальні роки пролонгації	Голова Вченої ради ІМаг НАН України та МОН України	підпис	№ протоколу, дата протоколу
2023 / 2024	Товстолиткін О.І.		№ 7-23, 27.07.2023
20___ / 20___			
20___ / 20___			
20___ / 20___			



# ВИБРАНІ РОЗДІЛИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ 1

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Фізика
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	2 кредити: 60 годин (денна: 28 годин – лекції, 32 години – СРС)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Екзамен/МКР
Розклад занять	<a href="http://ukr.imag.kiev.ua">http://ukr.imag.kiev.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: професор Джежеря Юрій Іванович, <a href="mailto:dui_kri@ukr.net">dui_kri@ukr.net</a> моб. +38(050)9681446
Розміщення курсу	<a href="http://ukr.imag.kiev.ua">http://ukr.imag.kiev.ua</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

**Опис дисципліни.** Програму навчальної дисципліни «Вибрані розділи теоретичної фізики» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Прикладна фізика та наноматеріали» підготовки доктора філософії спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали». Вивчення цілісного курсу теоретичної фізики сприяє формуванню в аспірантів наукового світогляду і сучасного природничого мислення, а викладання вибраних розділів теоретичної фізики в інституті магнетизму враховує фахову орієнтацію майбутнього науковця. В результаті вивчення дисципліни «Вибрані розділи теоретичної фізики» аспірант повинен знати основні поняття теоретичної фізики, актуальні напрямки її сучасного розвитку; вміти орієнтуватися в сучасних тенденціях розвитку теоретичної фізики, перспективах практичного застосування сучасних розробок, встановлення взаємозв'язків між різними галузями. Дисципліна дає загальні уявлення про сучасні підходи і методи вивчення фізичних об'єктів. Передбачено контроль якості отриманих знань у опитування на лекціях та модульної контрольної роботи.

**Мета навчальної дисципліни.** Метою навчальної дисципліни є розширення та поглиблення об'єму знань з теоретичної фізики та вдосконалення теоретичного апарату та методик розрахунків задач

математичної фізики у аспірантів, а також підготовка майбутнього науковця-фахівця, який буде здатний коректно проводити теоретичну інтерпретацію одержаних експериментальних результатів на основі апарату математичної фізики.

**Предмет навчальної дисципліни:** методи та моделі, що застосовуються в теоретичній фізиці.

**Програмні результати навчання:**

*Компетентності:*

**ЗК 1.** Здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових і складних ідей, переосмислювати наявне та створювати нове цілісне знання та/або професійну практику, розв'язувати значущі наукові та інші проблеми.

**ЗК 2.** Здатність використовувати у професійній діяльності сучасні знання з різних наук, у тому числі міждисциплінарного характеру.

**ФК 01.** Здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, комбінувати та зв'язувати їх методи, інтерпретувати одержані результати з метою виявлення властивостей та характеристик досліджуваних об'єктів в галузі прикладної фізики та нанотехнологій

**ФК 07.** Здатність розуміти та застосовувати цифрові технології та прикладні математичні пакети для розв'язування фізичних задач, аналізу результатів експериментальних досліджень, моделювання фізичних процесів та систем.

*Результати навчання:*

**ПРН 1.** Системні знання у галузі фізики та інших природничих наук, включаючи оволодіння методами наукового дослідження при здійсненні професійної діяльності.

**ПРН 3.** Знання методики проведення теоретичних та експериментальних досліджень, основних принципів системного та синергетичного аналізу, розуміння методів моделювання та фізичних моделей в прикладній фізиці.

**ПРН 6.** Вміння орієнтуватися в наукових проблемах у професійній сфері, знаходити оптимальні шляхи їх розв'язання.

**ПРН 7.** Вміння критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові складні ідеї, які заслуговують на рецензовану публікацію на національному або міжнародному рівні.

**ПРН 8.** Вміння обирати теоретичні й експериментальні методи дослідження, відповідні методи системного і синергетичного аналізу, застосовувати моделі та методи моделювання та інноваційні підходи для розв'язання складних завдань і проблем в науково-дослідній та/або інноваційних сферах.

**Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

**Пререквізити.** Для успішного засвоєння курсу «Вибрані розділи теоретичної фізики» студент має опанувати наступні дисципліни першого (бакалаврського) рівня: «Диференціальні та інтегральні рівняння», «Спеціальні розділи математичного аналізу», всі розділи дисципліни «Методи математичної фізики», всі розділи дисципліни «Теоретична фізика».

**Постреквізити.** Навчальна дисципліна «Вибрані розділи теоретичної фізики» є однією з основ формування наукової складової структурно-логічної схеми освітньої програми. Компетентності, знання, уміння та досвід, отримані в процесі вивчення дисципліни «Вибрані розділи теоретичної фізики» використовуються при засвоєнні освітнього компонента «Фазові переходи та критичні явища» і є необхідними для якісного виконання наукових досліджень за темою дисертації.

## Зміст навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин		
	Всього	У тому числі	
		Лекції	СР
Тема 1. Роль теорії в пізнанні світу.	4	2	2
Тема 2. Модель ідеального газу.	4	2	2
Тема 3. Елементи квантової статистичної фізики.	4	2	2
Тема 4. Кристалічна структура твердих тіл.	6	2	4
Тема 5. Елементи теорії пружності.	4	2	2
Тема 6. Коливання атомів в кристалах.	4	2	2
Тема 7. Динаміка електронів у кристалах.	4	2	2
Тема 8. Діелектрики, напівпровідники, метали.	4	2	2
Тема 9. Статистика електронів та дірок у напівпровідниках.	4	2	2
Тема 10. Фазові переходи першого та другого роду. Метод середнього поля.	6	2	4
Тема 11. Магнітне впорядкування.	6	2	4
Тема 12. Надпровідність.	6	2	4
<b>Разом</b>	<b>56</b>	<b>24</b>	<b>32</b>
МКР	2	2	
Екзамен	2	2	
<b>Всього годин</b>	<b>60</b>	<b>28</b>	<b>32</b>

## Навчальні матеріали та ресурси

### Базова література.

1. Боголюбов М. М. Лекції з квантової статистики. Питання статистичної механіки квантових систем. Київ: Рад. школа, 1949, 228 с.
2. Локтев В. М. Лекції з теорії надпровідності. — К. : ІТФ НАН України, 2011. — 276 с.
3. Landau L. D., Lifshitz E. M. Statistical Physics. Vol. 5 (3rd ed.). Butterworth-Heinemann, 1980, 544 p.
4. С.О. Решетняк, Теоретична фізика. Електродинаміка: навч. посіб. / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 196 с.

### Допоміжна література.

4. Л.Д.Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. Москва, Физматгиз, 1982
5. Л.Д.Ландау, Е.М. Лифшиц. Теория упругости. Москва, Физматгиз, 1987
6. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. Изд. 2-е, Москва, Мир, 1974.
7. А. А. Абрикосов, Основы теории металлов, Москва, Наука, 1987.
8. Фейнмановские лекции по физике. Том 7 – физика сплошных сред.
9. В.З. Кресин. Сверхпроводимость и сверхтекучесть. Москва, Наука, 1978.
10. А. И. Ахиезер, В. Г. Барьяхтар, С. В. Пелетминский, Спиновые волны. – Москва, Наука, 1967.

11. В.Г. Барьяхтар, Б.А. Иванов. Магнетизм- что это? Киев, Наукова думка, 1983.  
 12. В.Г. Барьяхтар, Б.А. Иванов. В мире магнитных доменов. Киев, Наукова думка, 1986.

### Навчальний контент

#### Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття.

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СР)
1	Лекція 1. Роль теорії в пізнанні світу. Теоретичні моделі фізичних процесів. Квантова і класична фізика. Квазікласичне наближення. [1].
2	Лекція 2. Модель ідеального газу. Ферміони і бозони. Вторинне квантування. [1,3].
3	Лекція 3. Елементи квантової статистичної фізики. Розподіли Бозе і Фермі. Вироджений електронний газ, енергія Фермі. Конденсація Бозе-Ейнштейна. [1,3].
4	Лекція 4. Кристалічна структура твердих тіл. Близній і дальній порядок. Структура кристалів. Трансляційна симетрія, вектор трансляції. Елементарна комірка. Решітки Браве і решітки з базисом. Кристалічні групи. Рідкі кристали. Аморфні речовини, металічні стекла. [1, 3, 6–8].
5	Лекція 5. Елементи теорії пружності. Звукові хвилі. Дислокації в кристалах. Пружна та пластична деформація кристалів. [1,5].
6	Лекція 6. Коливання атомів в кристалах. Фонони акустичні та оптичні. Квазічастинки в фізиці конденсованих середовищ. Фононна теплоємність. [5–8].
7	Лекція 7. Динаміка електронів у кристалах. Зворотна решітка. Зони Брілюєна. Умови Борна-Кармана. Теорема Блоха. Наближення слабого і сильного поля. Динаміка блохівського електрона. [5–8].
8	Лекція 8. Діелектрики, напівпровідники, метали. Щільність станів електронів у металі з довільним законом дисперсії. Енергія зв'язку металів. Ковалентні кристали. Іонні кристали. [5–8].
9	Лекція 9. Статистика електронів та дірок у напівпровідниках. Рівні домішок в напівпровідниках. Глибокі та мілкі рівні. Власна та домішкова провідність напівпровідників. [1,5–8].
10	Лекція 10. Фазові переходи першого та другого роду. Метод середнього поля. Теорія Ландау фазових переходів. Критичні флуктуації, теорія подібності (скейлінг). Критерій Гінзбурга-Леванюка. [2,11,12].
11	Лекція 11. Магнітне впорядкування. Обмінна взаємодія спінів атомів. Елементи феноменологічної теорії магнетизму. Сегнетоелектрики, рідкі кристали. [10–12].
12	Лекція 12. Надпровідність. Історія питання. Рівняння Гінзбурга-Ландау. Надпровідники першого і другого роду, вихри Абрикосова. Жорсткі надпровідники. Технічне застосування надпровідників. [2,9].

## Самостійна робота аспіранта

З метою чіткої організації самостійної роботи студентів і задля підвищення якості засвоєння навчального матеріалу та вироблення ґрунтовних навичок наукової діяльності пропонуються індивідуальні завдання у формі самостійної підготовки конспектів та рефератів із вибраних тем. Самостійна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	10
2	Підготовка до МКР	10
3	Підготовка до екзамену	12

## Політика та контроль

### Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять (згідно розкладу і згідно загально-інститутського розпорядку);
- правила поведінки на заняттях (активність на практичних заняттях є обов'язковою, бали за активність на практичних заняттях не ставляться, відключення телефонів є обов'язковим);
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів (штрафні бали не призначаються, заохочувальні бали призначаються суворо згідно підрозділу 8 цього силабусу);
- політика дедлайнів та перескладань (згідно загально-інститутського розпорядку);
- політика щодо академічної доброчесності (згідно загально-інститутського розпорядку);

### Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: опитування за темою заняття, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестрова атестація проводиться у вигляді екзамену. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і інститутська шкала.

Умови допуску до семестрового контролю: відсутні.

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує:

- 1) за роботу на аудиторних заняттях;
- 2) за модульну контрольну роботу (МКР);
- 3) за відповідь на заліку.

Система рейтингових балів

1) Аудиторні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 4. Максимальна кількість балів, які може отримати аспірант на лабораторних заняттях становить  $12 \times 4 = 48$  балів. Нарахування балів на одному практичному занятті:

- відмінні відповіді 4 балів;
- дуже добрі, добрі відповіді 3,2 балів;
- задовільні, достатні відповіді 1 бал.

2) Модульна контрольна робота (МКР). Ваговий коефіцієнт дорівнює 12. Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить  $1 \times 12 = 12$  балів. Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 11-12 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 8-10 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 6-7 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

3). Екзамен. Критерії оцінювання. Завдання містить два теоретичні питання, кожне з яких оцінюється у 20 балів. Всього  $2 \times 20 = 40$  балів.

Нарахування балів за відповідь на заліку:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 36-40 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 30-35 балів;
- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 24-29 балів;
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

Якщо аспірант протягом семестру набрав понад 60 балів, він може отримати залік автоматом. Для виставлення фінальних оцінок рейтинг переводиться у оцінки відповідно до таблиці.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за інститутською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
90-100	Відмінно
75-89	Добре
60-74	Задовільно
Менше 60	Незадовільно
Не виконано інші умови допуску до заліку	Не допущено

### **Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Теоретичні моделі фізичних процесів.
2. Квантова і класична фізика.
3. Квазікласичне наближення.
4. Модель ідеального газу.
5. Ферміони і бозони.
6. Вторинне квантування.
7. Розподіли Бозе і Фермі.
8. Вироджений електронний газ, енергія Фермі.
9. Конденсація Бозе-Ейнштейна.
10. Кристалічна структура твердих тіл. Близький і дальній порядок.
11. Структура кристалів. Трансляційна симетрія, вектор трансляції.
12. Елементарна комірка. Решітки Браве і решітки з базисом.
13. Кристалічні групи. Рідкі кристали. Аморфні речовини, металічні стекла.
14. Елементи теорії пружності. Звукові хвилі.
15. Дислокації в кристалах. Пружна та пластична деформація кристалів.
16. Коливання атомів в кристалах. Фонони акустичні та оптичні.
17. Квазічастинки в фізиці конденсованих середовищ. Фононна теплоємність.



18. Динаміка електронів у кристалах. Зворотна решітка. Зони Брілюена.
19. Умови Борна-Кармана. Теорема Блоха. Наближення слабого і сильного поля.
20. Динаміка блохівського електрона.
21. Діелектрики, напівпровідники, метали.
22. Щільність станів електронів у металі з довільним законом дисперсії.
23. Енергія зв'язку металів. Ковалентні кристали. Іонні кристали.
24. Статистика електронів та дірок у напівпровідниках. Рівні домішок в напівпровідниках. Глибокі та мілкі рівні. Власна та домішкова провідність напівпровідників.
25. Фазові переходи першого та другого роду. Метод середнього поля.
26. Теорія Ландау фазових переходів. Критичні флуктуації, теорія подібності (скейлінг). Критерій Гінзбурга-Леванюка.
27. Магнітне впорядкування. Обмінна взаємодія спінів атомів. Елементи феноменологічної теорії магнетизму. Сегнетоелектрики, рідкі кристали.
28. Надпровідність. Рівняння Гінзбурга-Ландау.
29. Надпровідники першого і другого роду, вихри Абрикосова. Жорсткі надпровідники.
30. Технічне застосування надпровідників.