

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Інститут високих технологій

Кафедра теоретичних основ високих технологій



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ЛІНІЙНІ ТА НЕЛІНІЙНІ КВАЗИЧАСТИНКИ В ФІЗИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА
БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 « Прикладна фізика та наноматеріали»
освітній рівень	Магістр
освітня програма	Високі технології (прикладна фізика та наноматеріали)
вид дисципліни	<u>за вибором студента</u>

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	3.0
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: Колежук О.К.

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

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.


КИЇВ – 2021

Розробники:

Колежук Олексій Костянтинович, професор, кафедри теоретичних основ високих технологій

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри теоретичних основ високих технологій

 (Валерій ЛОЗОВСЬКИЙ)

Протокол № 11 від «03» 03 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол від «05» 03 2021 року № 3

Голова науково-методичної комісії  (Наталя РУСІНЧУК)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – ознайомлення студентів з основними типами лінійних і нелінійних квазічастинок в конденсованих середовищах, в тому числі в низьковимірних системах і наноструктурах.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):

- Мати базові знання з вищої математики
- Знання основ квантової механіки, статистичної фізики, фізики твердого тіла.

3. Анотація навчальної дисципліни:

В курсі розглядаються основні типи колективних збуджень в конденсованих середовищах: фонони, полярони, поляритони, плазмони, екситони, магнони. Розглядаються методи квантового опису відповідних збуджень, і підхід до опису конденсованого середовища як газу квазічастинок. Особливості сильно нелінійних збуджень демонструються на прикладі магнітних топологічних солітонів (спінонів, доменних стінок, вихорів, скірміонів), солітонів в поліацетилені, солітонів Давидова. Робиться короткий огляд основних методів експериментального дослідження колективних збуджень (нейтронна спектроскопія, оптичні і магніторезонансні методи).

4. Завдання (навчальні цілі):

Навчання дисципліні має на меті розвинути у студентів такі компетентності:

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК2. Здатність спілкуватися державною та іноземною мовами як усно, так і письмово.

ЗК4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК9. Здатність працювати автономно.

ЗК11. Здатність до подальшого навчання, яке значною мірою є автономним та самостійним.

ЗК12. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК13. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми, що потребує оновлення та інтеграції знань, часто в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог.

ЗК17. Володіння спеціалізованими концептуальними знаннями, набутими у процесі навчання та/або професійної діяльності на рівні новітніх досягнень, які є основою для оригінального мислення та інноваційної діяльності, зокрема в контексті дослідницької роботи.

ФК7. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, критичного осмислення проблем у професійній діяльності та на межі предметних галузей.

ФК8. Знання основних типів наноматеріалів, їх фізичних властивостей та процесів, що протікають в нанорозмірних структурах, розуміння фізичних принципів роботи наноелектронних приладів та їх використання.

ФК9. Здатність відслідковувати найновіші досягнення в області прикладної фізики та високих технологій, вивчаючи наукову літературу та взаємодіючи з колегами.

ФК10. Здатність відповідно до поставленої задачі проводити самостійно та в команді наукові дослідження фізичних систем, явищ і процесів (експериментальні, теоретичні, комп'ютерне моделювання) в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)	Форми (та/або методи і	Методи оцінювання та	Відсоток у підсумкові
--	---------------------------	-------------------------	--------------------------

Код	Результат навчання	технології) викладання і навчання	пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	й оцінці з дисципліни
1.1	Знати основні типи лінійних та нелінійних колективних збуджень у твердих тілах, молекулярних структурах, наноструктурах, їхні прояви у фізичних властивостях, основні методи їхньої експериментальної реєстрації і аналізу.	Лекції	Модульна контрольна робота, іспит	20%
1.2	Знати типові математичні моделі, що застосовуються для опису нелінійних колективних збуджень у конденсованому стані та молекулярних структурах.	Лекції, практичні заняття	Модульна контрольна робота, іспит	20%
2.1	Вміти визначати релевантність лінійних та нелінійних колективних збуджень для механізмів певних фізичних явищ у конденсованому стані та молекулярних структурах, та застосовувати типові математичні моделі для їхнього опису.	Практичні заняття, самостійна робота студента	Модульна контрольна робота, домашні завдання, іспит	20%
3.1	Вміти пояснити постановку задач та математичні методи їх розв'язання.	Самостійна робота студента	Домашні завдання, іспит	20%
4.1	Вміти приймати і обґрунтовувати рішення щодо вибору методів опису.	Практичні заняття, самостійна робота студента	Домашні завдання, іспит	20%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Програмні результати навчання			
	1.1	1.2	2.1	4.1
ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ				
ПР1. Володіти поглибленим рівнем знань у прикладній фізиці, наноматеріалознавстві, високих технологіях та споріднених областях, включаючи методики проведення експериментів і технології отримання наноматеріалів, рівень цих знань повинен бути достатнім для проведення наукових досліджень на рівні останніх світових досягнень і направленим на їх розширення та поглиблення.	+	+	+	+
ПР2. Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач.		+	+	+
ПР3. Знаходити та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних джерел, в тому числі з використанням сучасних пошукових систем.				+
ПР4. Виконувати аналіз спеціальної літератури, формулювати постановку наукової або науково-технічної задачі, обирати методи та методики, складати програми наукових досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.	+			+
ПР6. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.	+	+		+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота: РН 1.1-1.2, 2.1 - 30 балів/18 балів.

2. Домашні завдання: РН 2.1, 3.1,4.1 - 30 балів/18 балів.

Усього: 60 балів/36 балів.

- підсумкове оцінювання: іспит - 40 балів/24 бали.

Оцінювання	Min	Max
Семестрове оцінювання	36	60
Підсумкове оцінювання	24	40
Всього	60	100

7.2 Організація оцінювання:

На початку семестру студенти отримують домашні завдання, які вони можуть виконувати і здавати протягом всього семестру. Протягом виконання домашніх завдань студенти можуть консультиватися з викладачем. Після здачі домашнього завдання кожен студент отримує оцінку з розбором недоліків. На останньому практичному занятті (№10) проводиться модульна контрольна робота. Контрольна робота спрямована на визначення рівня знань студентами матеріалів лекцій за весь семестр та вміння застосовувати отримані знання до розв'язання задач. Про результати контрольної роботи студенти дізнаються протягом тижня. У випадку неуспішного (нижче 18 балів) написання контрольної роботи студенту дозволяється один раз її перескласти. Для допуску до іспиту студенту необхідно отримати не менше 36 балів за результатами семестрового оцінювання. На іспиті студент отримує теоретичне питання і задачу, на які дає письмову відповідь, а після цього усно доповідає і відповідає на додаткові запитання.

7.3 Шкала відповідності оцінок

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

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	самостійна робота
ЗМ1 Основні типи квазічастинок і їхні властивості				
1	<i>Концепція квазічастинок.</i> Лінійні і нелінійні колективні збудження. Приклад квазічастинок: фонони в кристалічному твердому тілі. Внесок фононів у теплоємність, теплопровідність..	2	1	7
2	<i>Електрон-фононна взаємодія.</i> Полярони великого і малого радіусу. Теорія полярона для слабого зв'язку.	2	1	7
3	<i>Плазмони.</i> Макроскопічний опис плазмових хвиль (модель желе). Наближення випадкових фаз. Екранування заряду в металах і напівпровідниках..	2	1	7
4	<i>Екситони.</i> Екситони в напівпровідниках (екситони Ваньє-Мотта) і молекулярних кристалах (екситони Френкеля). Колективні властивості екситонів. Екситони в наноструктурах.	2	1	7
5	<i>Магнітні колективні збудження.</i> Спінові хвилі в феро- і антиферромагнетиках. Магнітні солітони. Топологічні нелінійні збудження.	2	1	7
ЗМ2 Квазічастинки в низьковимірних структурах				
6	<i>Нелінійні квазічастинки в органічних макромолекулах.</i> Рух протонів в ланцюжках водневими зв'язками. Солітони Давидова в альфа-спіральных протеїнах. Перенос електронів в білкових молекулах, солітонно-електронні зв'язані стани.	4	1	7
7	<i>Солітони у спряжених полімерах.</i> Пайерлсівська нестабільність. Солітони в поліацетилені, модель SSH.	2	1	6
8	<i>Колективні збудження в низьковимірних сильнокорельованих спінових системах.</i> Спінони в майже-ізінгівському ланцюжку. Холдейнівська щільність, триплони, системи з впорядкованими валентними зв'язками..	2	1	6
9	<i>Методи реєстрації і аналізу колективних збуджень.</i> Нейтронна спектроскопія. Методи магнітного резонансу. Оптичні методи.	2	1	6
10	Модульна контрольна робота		1	
	ВСЬОГО	20	10	60

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – 20 год.

Практичні заняття - 10 год.

Самостійна робота - 60 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основна:

- [1] Н.Марч, М.Паринелло, Коллективные эффекты в твердых телах и жидкостях. (М.: Мир, 1986)
- [2] А.С.Давыдов, Солитоны в молекулярных системах (Київ, Наукова Думка, 1988).
- [3] Брандт Н. Б., Кульбачинский В. А., Квазичастицы в физике конденсированного состояния. (М.: Физматлит, 2005), 632 с.
- [4] P.Coleman, Introduction to Many-body Physics (CUP, 2015) – 626 pp.

Додаткова:

- [1] Chaikin P.M., Lubensky T.C., Principles of condensed matter physics (CUP, 1995)
- [2] M.S.Dresselhaus, G.Dresselhaus, R.Saito, and A.Jorio, Exciton Photophysics of Carbon Nanotubes, Annu. Rev. Phys. Chem. Vol.58, pp.719-747 (2007)
- [3] Р.Уайт, Квантовая теория магнетизма (М.: Мир, 1985)
- [4] R. Jackiw, Fractional Charge from Topology in Polyacetylene and Graphene (MIT Preprint, 2007)
- [5] Ч.Сликтер, Основы теории магнитного резонанса (М.: Мир, 1981)
- [6] L.V.Yakushevich, Nonlinear Physics of DNA (Wiley-VCH, 2004) – 190pp.
- [7] Hans-Jürgen Mikeska, Alexei K. Kolezhuk, One-Dimensional Magnetism (In: Quantum Magnetism, Editors: Ulrich Schollwöck, Johannes Richter, Damian J. J. Farnell, Raymond F. Bishop) Springer Lecture notes in Physics, vol. 645, pp.1-83 (2004)

10. Додаткові ресурси:

[1] Доступ до матеріалів курсу (слайди лекцій, література): в режимі самостійної реєстрації студентів в електронній навчальній системі Canvas:

<https://canvas.instructure.com/enroll/NCTT73>