

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Інститут високих технологій

Кафедра теоретичних основ високих технологій



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора з науково –  
педагогічної роботи

Галина ГРАБЧУК

«22» березня 2021 року

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

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	102 Хімія
освітній рівень	другий (магістр)
освітньо-наукова програма	Високі технології (хімія та наноматеріали)
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	<b>3.0</b>
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»<sup>03</sup> 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 дисципліни має на меті розвинути у студентів такі компетентності:*

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК2. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність), а також формулювати судження, маючи неповну або обмежену інформацію.

ЗК7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій в хімічних дослідженнях та професійній діяльності.

ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.

ФК5. Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства.

**5. Результати навчання за дисципліною:**

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології)	Методи оцінювання та	Відсоток у підсумкові
Код	Результат навчання	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	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	3.1	4.1
<b>Програмні результати навчання</b>							
1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.		+			+		+
2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.	+	+	+	+			
5. Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства.	+	+	+	+		+	
8. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси.	+	+	+	+	+	+	+

## 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
<b>Всього</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

### 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

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

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

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

9	Методи реєстрації і аналізу колективних збуджень. Нейтронна спектроскопія. Методи магнітного резонансу. Оптичні методи.	2	1	6
10	Модульна контрольна робота		1	
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>60</b>

**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>