

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Навчально науковий інститут високих технологій



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора  
з навчальної роботи

Галина ГРАБЧУК

«22» березня 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**МОЛЕКУЛЯРНА НАНОПЛАЗМОНІКА**

(повна назва навчальної дисципліни)

**для студентів**

галузь знань 10 Природничі науки  
спеціальність 102 Хімія  
освітній рівень магістр  
освітня програма Високі технології (Хімія та наноматеріали)  
вид дисципліни вибіркова

(шифр і назва)  
(шифр і назва спеціальності)  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
(назва освітньої програми)

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

**Викладач:** Чегель В.І., Гринько Д.О.

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

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


на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

Розробник(и)<sup>2</sup>: *(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)*  
Чегель В.І., д.ф.-м.н., пров.н.с., професор кафедри теоретичних основ високих технологій  
Гринько Д.О., к.т.н., ст.н.с., доцент кафедри теоретичних основ високих технологій

ЗАТВЕРДЖЕНО

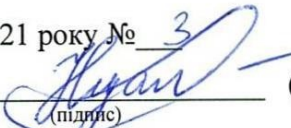
Зав. кафедри теоретичних основ високих технологій

 (Лозовський В.З.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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  (Русінчук Н.М.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – формування у майбутніх фахівців з високих технологій у прикладній фізиці, фізиці, біології та хімії навичок кількісного підходу до опису та аналізу нанорозмірних природних явищ, фізичних процесів, вміння користуватися методами сучасної фізики для вирішення завдань сучасної прикладної фізики та наноматеріалознавства.

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

1. Успішне опанування курсів “Основи вищої математики”, “Основи фізики”.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Мета курсу: ознайомлення студентів з основними плазмонними процесами та явищами у нанорозмірних металевих та напівпровідникових структурах та оволодіння ними знаннями методів дослідження та практичного використання фізичних явищ та ефектів у таких структурах. Курс „Наноплазмоніка” є дисципліною, що буде корисною для подальшого застосування методів прикладної фізики та, зокрема, плазмоніки до вдосконалення методів контролю та впливу на процеси у біохімічних об'єктах, включаючи живі клітини, віруси та біо-органічні молекули. Вивчення цієї дисципліни дасть змогу студентам засвоїти практичні навички вивчення складних фізичних процесів у реальних системах молекулярної наноплазмоніки.

**4. Завдання (навчальні цілі):<sup>1</sup>**

*Навчання дисципліні 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) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Ко д	Результат навчання			

1.1	Знати основні поняття, принципи та закони фізики нанорозмірних систем, такі як закони Максвелла, розширена теорія Мі, закони Лоренца-Лорентца, наближення Бруггемана та Максвелла-Гарнетта, діадна функція Гріна, об'ємні рівняння Липмана-Швінгера, ефективна сприйнятливність, фотонний пропатор, молекулярний імпринтинг, самоорганізація наночастинок, дзета-потенціал, теорія DLVO, метаматеріали, наноантени, дипольний момент молекули, оптичні переходи, стани мультиплетності, правило Стокса, діаграми Яблонського.	Лекція, практичне заняття	Тест, правильних відповідей	60%	15%
1.2	Мати уявлення: про цілі і задачі сучасної молекулярної наноплазмоніки, її роль й місце в природознавчих науках; про сучасні напрямки розвитку фізики низьковимірних систем.	лекція	--/--		15%
2.1	Вміти оперувати поняттями ближнього поля; розв'язувати найпростіші задачі по розрахунку багатошарових наносистем; використовувати методи виготовлення плазмонних наноструктур.	практичне заняття	Модульні контрольні роботи		50%
2.2	Вміти самостійно розбиратися в математичному апараті та практичних застосуваннях, методів поверхневого плазмон-поляритонного резонансу (ПППР) та локалізованого поверхневого плазмонного	самостійна робота	Тест, модульні контрольні роботи		20%

резонансу (ЛППР), що є в літературі з наноплазмоніки			
--	--	--	--

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	3.1	4.1
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

Контроль знань здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 2 змістових модулів. Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Форми поточного контролю: оцінювання домашніх робіт, письмових самостійних завдань, тестів та контрольних робіт, виконаних студентами під час практичних занять. Студент може отримати максимально 60 балів за виконання домашніх робіт, самостійних завдань, усні відповіді, тести, доповнення на практичних заняттях (по 30 балів у кожному змістовому модулі). Модульний контроль: 2 модульні контрольні роботи (МКР). Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі іспиту (40 балів). Екзаменаційний білет включає 2 теоретичні питання (по 20 балів).

У випадку відсутності студента з поважних причин здійснюються відпрацювання та перездачі МКР.

Оцінювання за формами контролю:

	ЗМ1		ЗМ2		іспит	
	Min. 0 балів	Max. 30 балів	Min. 0 балів	Max. 30 балів	Min. 0 балів	Max. 40 балів
Домашні завдання, письмові самостійні завдання		10		10		
Модульна контрольна робота		20		20		

2

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за екзамен не може бути меншою 24 балів.3

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.4. Для студентів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум – 36 балів– для одержання іспиту/заліку обов'язкова перездача МКР.

**7.2 Організація оцінювання:** Модульний контроль проводиться за графіком: модульна контрольна робота №1 – на практичному занятті 5, модульна контрольна робота №2 – на

практичному занятті 10.

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

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

<sup>2</sup> Залік виставляється за результатами роботи студента впродовж усього семестру і не передбачає додаткових заходів оцінювання для успішних студентів.

<sup>3</sup> У випадку коли студент на екзамені набрав менше вказаної кількості балів вони не додаються до семестрової оцінки (незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру), в екзаменаційній відомості у колонці “*бали за екзамен*” ставиться “0”, а в колонку «*результуюча оцінка*» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

<sup>4</sup> Мінімальна кількість балів не може бути меншою ніж різниця рівня порогової оцінки (60 балів) і кількості балів в винесених на екзамен (зазвичай 40) — якщо у студента менше 20 балів, він фізично не в змозі отримати позитивну оцінку. Викладач, якщо це аргументовано результатами навчання які не виносяться на екзамен, може визначити і вищий рівень мінімальної оцінки (як правило до 36 балів).

## 8. Структура навчальної дисципліни.

### Тематичний план лекцій і практичних занять

№ п/п	Назва теми*	Кількість годин		
		лекції	практичні	Самостійна робота
<b><u>ЗМ1: Основні поняття наноплазмоніки</u></b>				
1	<i>Поверхневі плазмонні збудження в матеріалах з вираженою провідністю.</i> Об'ємні та поверхневі плазмони. Дисперсійне співвідношення поверхневого плазмон-поляритона. Локалізовані на наночастинках плазмонні збудження. Дипольний момент та поляризованість. Аналітичні та числові методи описання властивостей плазмонних збуджень у наноструктурах. Ефективна сприйнятливість.. Метод Грін-функції. Об'ємні рівняння Ліппмана-Швінгера. Фотонний пропагатор. Методи FDTD, FEM, DDA	2		6
2	<i>Біосенсори на основі поверхневих плазмонних збуджень.</i> Матриця розсіяння.Фактор форми та орієнтації біомолекули. Реєстрація специфічності в біомолекулярних реакціях.Константи асоціації та дисоціації. Об'ємні полімерні матричні структури в ПППР-біосенсорах. Молекулярний імпринтинг. 2D- та 3D-імпринтинг. Структурна імітація молекули-темплату. ПППР-реєстрація конформаційних змін в біополімерах. ЛППР-біосенсори. Вплив функціональних груп лігандів вЛППР-біосенсорах при взаємодії плазмонних наночастинок.	2	2	6

3	Наноматеріали. Наномедицина. Діелектрична проникність металів в оптиці. Плазмова частота. Плазмонний резонанс в металевому сфероїді. Резонансна частота. Колоїдні розчини плазмонних наноструктур. Нанокластери. Дзета-потенціал. Стійкість дисперсних систем. Теорія DLVO. Самоорганізація наночастинок. Система вірус-наночастинка. Потенціал взаємодії. Наночастинки як керовані носії ліків в тілі людини.	2		6
4	<i>Електрохімія низьковимірних плазмонних структур. Метаматеріали.</i> Електрохімічно-індуковані процеси на границі поділу в ПППР-експерименті. Ізоелектрична точка. Редокс матеріали. Теорія ефективного середовища для провідності метал — діелектричних композитів. Імпринтовані композити плазмонних наночастинок для детекції молекул методом ПППР. Взаємодія поля	2	2	6
	поверхневого плазмон-поляритону з плазмонними наноструктурами. Наноантени.			
5	<i>Поверхнєве плазмонне підсилення електромагнітного поля.</i> Розсіяння поверхневих плазмон-поляритонів неоднорідностями на поверхні. Підсилення внутрішнього електричного поля для металевих частинок типу: витягнутий еліпсоїд, диск і т.д. Гарячі точки. Правило Стокса. Методи SEIRA, SERS та SEF. Оптичні переходи. Стани мультиплетності. Діаграми Яблонського. Квантовий вихід. Ймовірність збудження та підсилення флуоресценції. Плазмонні наночипи. Вплив діелектричної підкладки.	2	2	6
	<i>Модульна контрольна робота № 1</i>			
<b><u>ЗМ2:Матеріалознавство і технологія наноструктур фотоніки та плазмоніки.</u></b>				
6	Матеріали наноплазмоніки. Модель Друде-Зоммерфельда. Дисперсія вільних електронів в реальних металах. Механізми втрат. Технологічні недоліки Cu, Ag, Au	2		6
7	Синтез нових матеріалів наноплазмоніки та нанофотоніки 1. Наноккомпозити на основі барвників таметалів у діелектричній матриці 2. Нелінійні оптичні системи 3. Леговані напівпровідники Збіднені метали (карбіди, силіциди)	2		6

8	Просторове структурування середовища-універсальний підхід для створення систем наноплазмоніки та нанофотоніки. Технологія. Молекулярний розчин. Нанокompозит. Міжфазна межа. Адсорбція-десорбція. Поверхнева дифузія. Приєднання до сходинки. Зародкоутворення. Термодинаміка адсорбованого моношару. Три процеси виділення твердої фази: зародкоутворення, спінодальний розпад, хемосорбція.	2	2	6
9	Критичний зародок. Атомарно-чисті поверхні. Дефекти на поверхні росту. Пошаровий ріст реальних поверхонь. Вплив домішок. Атомне (молекулярне) нашарування. Хемосорбція. Міжфазна конденсація Меррифельда. Процес молекулярного нашарування з газової фази. Порівняння з молекулярно-пучковою епітаксією та процесом Ленгмюр-Блоджетт.	2		6
10	Синтез гетероструктур з атомарною точністю. Лімітуючі фактори літографії. Традиційний підхід “зверху вниз” та “з низу вгору” або керована самоорганізація. Проблеми стохастичного характеру процесів транспорту та зародкоутворення	2	2	6

	Виробничі процеси атомарної точності			
	<b>Модульна контрольна робота №2</b>			30
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>60</b>

\*Примітка: слід зазначити також теми, винесені на самостійне вивчення<sup>5</sup>

**Загальний обсяг** 90 год. в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – 20 год.

Практичні заняття - 10 год.

Самостійна робота - 60 год.

### 9. Рекомендовані джерела<sup>7</sup>:

#### Основна:

1. Дмитрук Н.Л., Литовченко В.Г., Стрижевский В.Л. Поверхностные поляритоны в полупроводниках и диэлектриках. – К.: Наукова думка, 1989. – 376 с.

2. Dmitruk N.L., Goncharenko A.V., Venger E.F. Optics of small particles and composite media. – К.: Naukova dumka, 2009. – 386p.

3. Климов В.В. Наноплазмоника. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 480 с.

4. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Изд. 2е. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 896 с.

5. Volodymyr Chegel, Andrii Lopatynskiy. Molecular Plasmonics. Theory and applications.- Jenny Stanford Publishig, Singapoure, - 2020.- 415 p.

#### Додаткова:

1. Chegel, V., Lozovskyi V. et al. "3D-quantification of biomolecular covers using surface plasmon-polariton resonance experiment." Sensors and Actuators B: Chemical 134.1 (2008): 66-



71.

2. Zhao, Jing, et al. "Localized surface plasmon resonance biosensors." *Nanomedicine* 1.2 (2006): 219-228.

3. Riskin, Michael et al. "Molecularly imprinted Au nanoparticles composites on Au surfaces for the surface plasmon resonance detection of pentaerythritoltetranitrate, nitroglycerin, and ethyleneglycoldinitrate." *Analytical Chemistry* 83.8 (2011): 3082-3088.

4. Chegel, Vladimir, et al. "Deposition of functionalized polymer layers in surface plasmon resonance immunosensors by in-situ polymerization in the evanescent wave field." *Biosensors and Bioelectronics* 24.5 (2009): 1270-1275.

5. Lakowicz, Joseph R., et al. "Plasmon-controlled fluorescence: a new paradigm in fluorescence spectroscopy." *Analyst* 133.10 (2008): 1308-1346.

6. Chegel, Volodymyr, et al. "Gold nanoparticles aggregation: drastice effect of cooperativefunctionalities in a single molecular conjugate." *The Journal of Physical Chemistry C* 116.4 (2012): 2683-2690.

7. Chegel, V. I. "Nanostructured materials for biosensor applications: comparative review of preparation methods." *Manipulation of Nanoscale Materials*. Cambridge (2012). 318-355.

#### **10. Додаткові ресурси (за наявності):**

*Посилання на електронні ресурси (не тільки відкриті) на яких розміщено додаткову інформацію щодо дисципліни — приклади контрольних і екзаменаційних завдань, тематика рефератів, методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт, тощо)*