

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра експериментальної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
ОРГАНІЧНА, БІО- ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКА
(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма Фізичне матеріалознавство / Неметалічне матеріалознавство
(назва освітньої програми)
спеціалізація
(за наявності) (назва спеціалізації)
вид дисципліни вибіркова БІО 3.2.2

Форма навчання очна
Навчальний рік 2025/2026
Семестр 1
Мова викладання, навчання та оцінювання українська
Форма заключного контролю іспит

Викладачі: доцент Кудря Владислав Юрійович,

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

КИЇВ – 2022

¹ 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.

Розробник(и): Дмитрук І.М., професор, докт. фіз.-мат. наук
Кутовий С. Ю., доцент, канд. фіз.-мат. наук.

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри експериментальної фізики

І. Дмитрук
(підпис)

(Ігор ДМИТРУК)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 6 від «19» травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту (педагогічною радою коледжу)

Протокол № 11 від «10» червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії

О. Оліх
(підпис)

(Олег ОЛІХ)
(прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни – Курс «Органічна, Біо- та Нанoeлектроніка» покликаний ознайомити студентів із основними типами неорганічних та органічних (зокрема, біологічних) наноструктур, моделями для розрахунку енергетики пі-електронних систем, їх спектральними властивостями (зокрема, ланок біологічних макромолекул), на основі чого здійснюється конструювання (дизайн) функціональних молекулярних систем з направленим перенесенням збуджень, що можуть застосовуватись у (біо)нанoeлектроніці.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- Знати методи класичної електродинаміки, оптики, квантової механіки, експериментальні та теоретичні методи спектроскопії багатоатомних молекул та полімерних (зокрема, біологічних) структур.
- Вміти користуватися методами класичної електродинаміки, оптики, квантової механіки, експериментальні та теоретичні методи спектроскопії багатоатомних молекул та полімерних (зокрема, біологічних) структур.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Нормативна дисципліна «Органічна, Біо- та Нанoeлектроніка» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр фізики» освітньої програми «Фізичне матеріалознавство / Неметалічне матеріалознавство». Програма курсу орієнтована на студентів, які вже знайомі з загальними курсами оптики, атомної фізики, електродинаміки, квантової механіки, спеціальними курсами із спектроскопії багатоатомних молекул та наноструктур. Результати навчання полягають в знанні: основних типів неорганічних та органічних наноструктур та їх електронних спектрів, фотофізичних процесів (зокрема, процесів взаємодії двох та більше молекул та перенесення електронних збуджень вздовж (біо)полімерного ланцюга), що відбуваються у неорганічних та органічних пі-електрон-містких середовищах (зокрема, біологічних об'єктах); квантово-механічних моделей молекулярних структур, що дають можливість розраховувати енергетику молекулярних систем; моделі одно- та багатоступінчатої передачі електронних збуджень у молекулярних системах; існуючих варіантів базових елементів нанoeлектронних пристроїв (зокрема, функціональних (біо)макромолекул з направленим перенесенням електронних збуджень та метал-органічних нанокомпозитів на їх основі), а також спектральні прояви їх функціонування. Методи викладання – лекції. Методи оцінювання: усні опитування, контрольна робота та іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) - оволодіння студентами фундаментальними знаннями про основні типи наноструктур та особливості їх електронних спектрів, фотофізичні процеси (зокрема процеси взаємодії двох та більше молекул та перенесення електронних збуджень), що відбуваються у неорганічних та органічних пі-електрон-містких середовищах (зокрема, біологічних об'єктах), а також знаннями про використання цих процесів у нанoeлектроніці. Отримані знання важливі для подальшої успішної науково-дослідної роботи студентів.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	1.1 Знати класифікацію наноструктур та відповідні їм ефекти розмірного квантування	Лекція	Усні відповіді, самостійна робота, реферат	5
	1.2 Знати методи розрахунку енергетичних рівнів в наноструктурах, зокрема за допомогою REFO-моделі для пі-електрон-містких молекул	Лекція	Усні відповіді, самостійна робота, реферат	5
	1.3 Знати загальні закономірності процесів перенесення енергії електронного збудження в неорганічних сполуках та пі-електрон-містких макромолекулах	Лекція	Усні відповіді, самостійна робота, реферат	5
	1.4 Знати одно- та багатоступінчасті моделі передачі електронних збуджень в органічних	Лекція	Усні відповіді, самостійна робота, реферат	5
	1.5 Знати спектральні прояви ДНК (зокрема, теломерної) та РНК у різних середовищах, а також їх взаємодії з високомолекулярними білками	Лекція	Усні відповіді, самостійна робота, реферат	5
	1.6 Знати існуючі варіанти функціональних (біо)макромолекул з направленим перенесенням електронних збуджень та наноконструктивів на їх основі	Лекція	Усні відповіді, самостійна робота, реферат	5
	1.7 Знати спектральні прояви функціонування метал-органічних наноконструктивів, зокрема, на основі полінуклеотидів	Лекція	Усні відповіді, самостійна робота, реферат	5
2	2.1 Вміти застосовувати набуті знання на практиці у фізичному експерименті	Лекція	Усні відповіді, лабораторні роботи	5
	2.2 Вміти використовувати набуті знання у наукових дослідженнях та практичній роботі	Лекція	Усні відповіді, лабораторні роботи	10
	2.3 Вміти кваліфіковано працювати з науковою і технічною фаховою літературою	Лекція	Усні відповіді, лабораторні роботи	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1	2
Програмні результати навчання		
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.	+	+

ПРН2. Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.		
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.	+	+
ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.	+	+
ПРН6. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.	+	+
ПРН7. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.		
ПРН8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.	+	+
ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.	+	+
ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів.		
ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.		
ПРН12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.		
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.	+	+
ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.		
ПРН15. Знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних і астрономічних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини.	+	+
ПРН16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.		

ПРН17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.	+	+
ПРН18. Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для усного і письмового професійного спілкування та презентації результатів власних досліджень.	+	+
ПРН19. Знати та розуміти необхідність збереження та примноження моральних, культурних та наукових цінностей і досягнень суспільства.		
ПРН20. Знати і розуміти свої громадянські права і обов'язки, як члена вільного демократичного суспільства, мати навички їх реалізації, відстоювання та захисту.		
ПРН21. Розуміти основні принципи здорового способу життя та вміти застосовувати їх для підтримки власного здоров'я та працездатності.		
ПРН22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.		
ПРН23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.	+	+
ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.	+	+
ПРН25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітніх траєкторій та професійного розвитку.	+	+
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. Реферати (10 балів).
2. Усні відповіді (20 балів).
3. Звіти з лабораторних робіт (30 балів).

- підсумкове оцінювання у формі іспиту: - 40 балів;

- умови допуску до підсумкового іспиту:

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

7.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Навчальна дисципліна «Органічна, Біо- та Наноелектроніка» оцінюється за рейтинговою системою. Вона складається з 1 розділу. Система оцінювання знань включає поточний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Форми поточного контролю: оцінювання усних відповідей (студент може отримати максимально 20 балів за усні відповіді), написання рефератів (10 балів) та звітів з лабораторних робіт (30 балів). Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі іспиту (40 балів).

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, практичних занять та самостійних робіт

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
1	Загальна схема фотофізичних процесів, типова енергетична діаграма та квантові переходи в неорганічних та молекулярних органічних середовищах. Основні типи наноструктур. Ефекти розмірного квантування в наноструктурах	2		4
2	Квантові ями. Одновимірні квантова яма – тонка плівка. Одновимірні квантова яма – π -електронна система. Периметрична модель вільного електрону (PEFO). $\pi \rightarrow \pi^*$ та $n \rightarrow \pi^*$ переходи	2		4
3	Одновимірні квантова яма скінченної глибини. Електронний спектр квантових ниток і квантових точок. Густина станів і статистика носіїв заряду в наноструктурах	2		4
4	Процеси перенесення енергії електронного збудження. Процеси взаємодії двох молекул (атомів), що покладено у роботу кубіту. Елементарні акти передачі електронних збуджень в неорганічних та органічних середовищах	2	5	4
5	Одноступінчаста та багаступінчаста передача збуджень (теорії Фьорстера та Декстера). Моделі процесів міграції електронних збуджень	2		4
6	Приклади та принцип дії метал-органічних композитів. Моделі функціональної молекулярної сполуки з направленим перенесенням електронних збуджень	2		4
7	Проблема вибору 1-ї ланки функціональної макромолекули. Оптимальна відстань між ланками у функціональній макромолекулі. Оцінка граничної довжини стрибка екситону. Пластифікація	2		4
8	Можливості використання функціональних макромолекул як елементів наноелектронних пристроїв. Молекулярні мандрівники	2		4

9	Перші кроки в реалізації моделей – молекулярні системи з напрямленим перенесенням енергії. Спектральні прояви перенесення електронних збуджень. Методи отримання вольт-амперних характеристик	2		4
10	Компоненти нуклеїнових кислот. Утворення ланцюгів ДНК та РНК. Природа центрів оптичного поглинання в (оліго)нуклеотидах, макромолекулах ДНК та РНК	2	5	4
11	Флюоресценція та фосфоресценція нуклеотидів. Визначення положення перших збуджених S ₁ - та T ₁ -рівнів в макромолекулах ДНК та РНК. Синтетичні функціональні нуклеотидмісткі сполуки з направленим перенесенням електронних збуджень	2	5	4
12	Флюоресценція та фосфоресценція ДНК та РНК. Центри локалізації синглетних та триплетних збуджень. АТ-пастки в ДНК. Фотостабільність ДНК та РНК. Детектування ДНК та РНК за допомогою сенсорів	2	5	4
13	Оптичне поглинання, флюоресценція та фосфоресценція, енергетична структура високомолекулярних π-електрон-містких білків. Спектральні прояви взаємодії ДНК, РНК та функціональних олігонуклеотидів з такими білками	2	5	4
14	Спектральні властивості теломери та штучних функціональних олігомерів та модифікованих нуклеотидів. Природа пасток синглетних та триплетних збуджень	2	5	4
15	Кластери з наночастинок золота із нуклеїновими кислотами	2		3
Всього		30	30	59

Загальний обсяг 120 год.¹, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **30 год.**

Лабораторних робіт – **30 год.**

Консультацій – **1 год.**

Самостійна робота – **59 год.**

9. Рекомендовані джерела²:

Основна:

1. В.М.Ящук, В.Ю.Кудря, С.Я.Шевченко, Л.О.Вретік. Вступ до фотоніки органічних середовищ – К.: ВД “СофтПресс”, 2010. – 132 с.

¹ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

² В тому числі Інтернет ресурси

2. Кондратенко С.В. Основи наноелектроніки: Методичний посібник для студентів фізичного факультету, які навчаються за спеціальністю «Метрологія і інформаційно-вимірювальна техніка» – К.: ВПЦ "Київський університет", 2020. – 153 с.
3. Ящук В.М., Кудря В.Ю., Кравченко В.М., Лосицький М.Ю. Вступ до біофотоніки: Навчальний посібник для студентів фізичних факультетів вузів – К.: Четверта хвиля, 2018. – 178 с.
4. V.M.Yashchuk, V.Yu.Kudrya, I.V.Savchenko, G.P.Golovach, I.Ya.Dubey, R.D.Fedorovich, H.Suga, J.V.Grazulevicius. Synthetic and Biological Functional Compounds with Direct Excitons Conductivity for nanoelectronic Devices // Mol. Cryst. Liq. Cryst.- 2007.- V.468.- P.275–288.
5. V.M.Yashchuk, V.Yu.Kudrya, I.O.Savchenko, R.D.Fedorovich, V.V.Cherepanov, O.A.Marchenko, A.G.Naumovets, V.M.Nechitaylo, L.O.Vretik, G.P.Golovach, Z.I.Kazantseva, I.I.Dyoshin. Functional Organic Structures with Neutral and Charge Electronic Excitations Transfer for Molecular Electronics // Mol. Cryst. Liq. Cryst.- 2008.- Vol. 496.- P.39–50.
6. Кудря В.Ю. Спектральні властивості та фотостабільність нуклеїнових кислот та олігонуклеотидів // Наукові записки НаУКМА: С. фіз.-мат. наук.- 2011.- Т.113.- С.50-55.

Додаткова:

1. Поуп М., Свенберг Ч. Электронные процессы в органических кристаллах. - М., Мир.- 1985.- Т.1,2.- 544 с.
2. V.Yashchuk, V.Kudrya, M.Losytskyy, H.Suga, T.Ohul'chansky. The nature of the electronic excitations capturing centres in the DNA // Journal of Molecular Liquids.- 2006.- Vol.127, Iss.1-3.- P.79-83.
3. V.M.Yashchuk, V.Yu.Kudrya, M.Yu.Losytskyy, I.Ya.Dubey, H.Suga. Electronic Excitation Energy Transfer in DNA. Nature of Triplet Excitations Capturing Centers // Mol. Cryst. Liq. Cryst.- 2007.- Vol.467.- P.311–323.
4. V.Yu.Kudrya, V.M.Yashchuk, S.M.Levchenko, V.I.Mel'nik, L.A.Zaika, D.M.Govorun. The Peculiarities of the RNA Luminescence // Mol. Cryst. Liq. Cryst.- 2008.- Vol. 497.- P.93–100.
5. V.M.Yashchuk, V.Yu.Kudrya, S.M.Levchenko, Z.Yu.Tkachuk, D.M.Hovorun, V.I.Mel'nik, V.P.Vorob'yov, G.V.Klishevich. Optical Response of the Polynucleotides-Proteins Interaction // Mol. Cryst. Liq. Cryst.- 2011.- Vol.535.- P.93–110.
6. V.Yu.Kudrya, V.M.Yashchuk. The Spectral Properties and Photostability of the DNA, RNA and Oligonucleotides // Укр. Фіз. Ж.- 2012.- V.57, N2.- P.187-192.
7. V.M.Yashchuk, V.Yu.Kudrya. The spectral properties of DNA and RNA macromolecules at low temperatures: fundamental and applied aspects // Methods Appl. Fluor. – 2017. – V.5. – 014001.