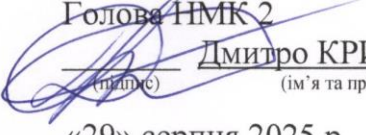


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра фізики (№ 505)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК 2

Дмитро КРИЦЬКИЙ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«29» серпня 2025 р.

**СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Спеціальні питання фізики мікро- та наноструктур
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Мікро- та наносистемна техніка
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробник: Чугай О.М., проф. к. № 505, д.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри фізики №505
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 25 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри д.т.н., проф.
(науковий ступінь і вчене звання)



Олег ЧУГАЙ
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

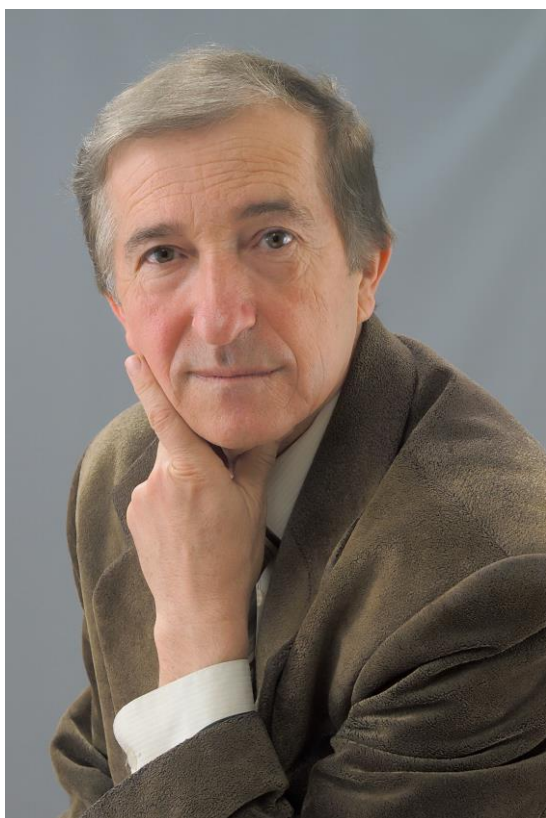
Здобувач групи 354



(підпис)

Артем БЕСЛАШОВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача



Чугай Олег Миколайович,
професор кафедри фізики,
доктор технічних наук.

Викладає: «Спеціальні питання фізики
мікро- та наноструктур», «Біофізику та
біомеханіку» та «Фізику».

Напрями наукових досліджень:
електронні процеси в неомогенних
кристалічних системах.

e-mail: oleg.chugai@khai.edu.

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	1
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	4 кредити ЄКТС / 120 годин (56 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 24; СРЗ – 64)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття та самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит.
Пререквізити	Загальні знання з фізики та вищої математики

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування знань щодо будови мікро- і наносистем та закономірностей протікання в них електронних процесів, зумовлених дією зовнішнього електричного поля.

Завдання: формування у студентів уміння застосувати основні закони фізики та методи дослідження при вивченні будови мікро- і наносистем та закономірностей протікання в них електронних процесів, зумовлених дією зовнішнього електричного поля.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні задачі та проблеми під час професійної діяльності у сфері мікро- та наносистемної техніки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4. Здатність проводити досліджень на відповідному рівні.

Спеціальні компетентності (ФК)

ФК3. Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та нанoeлектронні системи різного призначення.

ФК5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення.

ФК7. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН9. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки.

ПРН12. Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та нанoeлектроніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Будова та кванторозмірні ефекти в мікро- та наноструктурах

ТЕМА 1. Вступ до дисципліни.

Поняття про мікро- та наноструктур та їхню класифікацію. Цілі й завдання курсу. Історія досліджень наноструктур.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 2. Загальна характеристика мікро- та наноструктур.

Класифікація і властивості нанооб'єктів. Класифікація наноструктур за їх мірністю. Перехід від макро- і мікросвіту до нанорозмірів

Практична робота: «Загальна характеристика мікро- та наноструктур».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 3. Властивості мікрочастинки як квантового об'єкта.

Гіпотеза де Бройля. Дифракція електронів, протонів та нейтронів. Корпускулярно-хвильовий дуалізм частинок. Співвідношення невизначеностей як прояв корпускулярно-хвильового дуалізму мікросвіту. Хвильова функція та її властивості. Імовірно-статистичне тлумачення хвильової функції. Часове рівняння Шредінгера. Стаціонарний стан. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів. Рух вільної частинки. Частинка у одновимірній прямокутній нескінченно глибокій потенціальній ямі. Квантування енергії частинки. Тунельний ефект. Коефіцієнт прозорості потенціального бар'єру.

Практична робота: «Властивості мікрочастинки як квантового об'єкта».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

Тема 4. Хвильові властивості та енергетичний спектр електронів в квантоворозмірних структурах.

Кристал – тривимірна (3D) структура, квантова яма – двовимірна (2D) структура, квантова нитка – одновимірна (1D) структура та квантова точка – нульвимірна (0D) структура.

Практична робота: «Хвильові властивості та енергетичний спектр електронів в квантоворозмірних структурах».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Змістовний модуль 2. Електронні процеси в напівпровідникових низькорозмірних структурах. Методи дослідження мікро- та наноструктур

Тема 5. Тунелювання електронів і кулонівська блокада.

Потенціальні ями, бар'єри та тунелювання. Одноелектронне тунелювання і кулонівська блокада. Резонансне тунелювання електронів.

Практична робота: «Тунелювання електронів і кулонівська блокада».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 6. Балістичний перенесення заряду. Квантовий ефект Холла.

Інтерференція електронів. Опір балістичного квантового дроту. Квант провідності та квант опору. Квантовий ефект Холла. Інтегральний та дробовий квантові ефекти Холла. Рівні енергії Ландау. Локалізовані й розширені стани електронів. Межа рухливості. Вплив структурних дефектів на перенесення заряду.

Практична робота: «Балістичний перенесення заряду. Квантовий ефект Холла».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 7. Огляд методів дослідження мікро- та наноструктур.

Класифікація електронних та іонних методів дослідження. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія. Електронна Оже-спектроскопія. Вторинна іонна мас-спектроскопія. Дифракція низько енергетичних електронів.

Практична робота: «Огляд методів дослідження мікро- та наноструктур».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 8. Електронна мікроскопія.

Електронний мікроскоп, що просвічує. Призначення, оптична схема, будова та принцип дії мікроскопу. Умови одержання найбільшого збільшення об'єкта. Растровий електронний мікроскоп. Особливості використання, будова та принцип дії мікроскопу.

Практична робота: «Електронна мікроскопія».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

ТЕМА 9. Скануюча зондова мікроскопія.

Призначення, будова та принци дії мікроскопів: скануючого тунельного, атомно-силового, магніто-силового, електросилового. Скануюча оптична мікроскопія ближнього поля.

Практична робота: «Скануюча зондова мікроскопія».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; формування питань до викладача.

Модульний контроль.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, консультацій за розкладом кафедри та індивідуальних (при необхідності), самостійна робота здобувачів з інформаційними ресурсами

7. Методи контролю

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист практичних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...22	1	0...22
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...22	1	0...22
Усього за семестр			0...100

Іспит проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних і двох практичних завдань.

За кожне питання 25 балів (загальна сума – 100 балів).

Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі домашні завдання з практичних занять. Вміти самостійно застосовувати основні закони фізики для вирішення найпростіших завдань.

Добре (75 - 89). Твердо знати весь теоретичний матеріал, наданий на лекціях, виконати усі завдання з практичних занять. Вміти пояснювати способи вирішення задач на практичних заняттях. Скласти модульний контроль протягом семестру не менше, ніж на 20 балів (сумарно).

Відмінно (90 - 100). Досконало знати теоретичний матеріал всіх тем (як основний, так і винесений на самостійну позааудиторну роботу). Виконати та захистити всі завдання практичних занять з оцінкою «відмінно». Виконати та захистити завдання на позааудиторну самостійну роботу. Скласти модульний контроль протягом семестру не менше, ніж на 30 балів (сумарно).

9. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu.ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Мигаль В.П., Клименко І.А., Фомін А.С. Навчальний посібник для самостійної роботи «Коливання та хвилі» Харків: Національний аерокосмічний університет "ХАІ", 2008. – 106 с.

2. Мигаль В.П., Клименко І.А. Хвилі, кванти і атоми. Навчальний посібник. Х: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2004. – 189 с.

3. Електрика й магнетизм Навч. посібник до лабораторного практикуму. / Воронович Д.О., Луньов І.В., Охрімовський А.М., Подшивалова О.В. // Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2011. - 140 с.

4. Чугай О. М., Мигаль В. П., Луньов І. В., Олійник С. В., Рубльова О.В. Хвильова оптика. Сучасна фізика. Навч. посіб. до лаб. практикуму . – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». – 2020. – 86 с.

5. Дистанційний курс дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор: <https://mentor.khai.edu/enrol/index.php?id=9156>

11. Рекомендована література

1. Заячук, Д. М. Нанотехнології і наноструктури : навчальний посібник / Д. М. Заячук ; МОН України, НУ "Львівська політехніка". - Л. : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2009. - 580 с.

2. Поплавко Ю.М., Борисов О. В., Якименко Ю. І. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. посібник. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 300 с.

3. «Моделювання приладів мікро- і наноелектроніки»: [Електронний ресурс]: підручник для спірантів спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», та освітньо-наукової програми «Мікро- та наносистемна техніка» / В.О. Москалюк, В.І.Тимофєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. –164 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41067/1/Modeluvannia_pryladiv.pd.

4. Основи наноелектроніки. У 2 кн. Кн. 2, ч. 1. Матеріали і наноелектронні технології [Електронний ресурс] : підручник / Ю. І. Якименко, Д. М. Заячук, В. М. Співак, А. Т. Орлов [та ін.] ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. –

Електронні текстові дані (1 файл: 9,39 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 343 с. – Назва з екрана. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/18294>.

5. «Модельовання приладів мікро- і наноелектроніки»: [Електронний ресурс]: підручник для аспірантів спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», та освітньо-наукової програми «Мікро- та наносистемна техніка» / В.О. Москалюк, В.І.Тимофєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. –164 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41067/1/Modeluvannia_pryladv.pdf.

6. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченков О.О., Смик С.Ю. Квантові низькорозмірні системи. – Київ: Академперіодика, 2003. – 308 с.

7. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Смик С.Ю. Діагностика наносистем. – Київ: Академперіодика, 2003. – 149 с.

12. Інтернет-ресурси

1. <http://ipt.arc.nasa.gov>
2. <http://nanotechweb.org>
3. <https://youtu.be/BB5KhVQIX0M>
4. <https://youtu.be/AY-bnfGuPk> .
5. <https://youtu.be/CujYMLfk61s> .