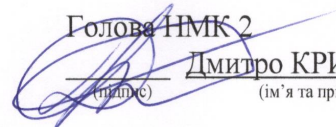


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра фізики (№ 505)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК 2


Дмитро КРИЦЬКИЙ
(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)



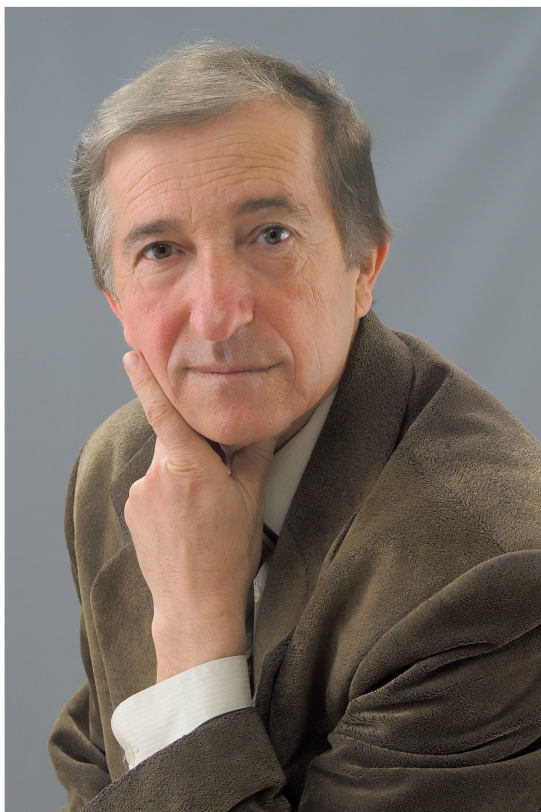
Олег ЧУГАЙ
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

(підпис)

_____ (ініціали 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 (семінарські) та самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит.
Пререквізити	«Фізика», «Вища математика».
Кореквізити	Немає
Постреквізити	Системи управління електронної техніки

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:

– уміння застосувати основні закони фізики при вивченні будови мікро- і наносистем та закономірностей протікання в них електронних процесів, зумовлених дією зовнішнього електричного поля;

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях;
- абстрактно мислити;
- вчитися і бути сучасно освіченими, усвідомлювати можливість навчання впродовж життя;
- здійснювати пошук, оброблення та аналіз інформації з різних джерел;
- генерувати нові ідеї (креативність);
- формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.

Спеціальні компетентності (СК або ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- аналізувати електронні процеси в приладах, в яких реалізовані принципи мікро- і наносистем;
- використовувати базові знання та розуміння будови електронних приладів мікро- та наноелектроніки в обсязі, необхідному для роботи в традиційних сферах застосування електронної техніки;
- використовувати базові знання експериментальних методів дослідження мікро- та наноструктур, включаючи обмеження на використання конкретних методів дослідження та зв'язок одержаних результатів;
- застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки і синтезу інформації в області мікро- та наноструктур.

Програмні результати навчання (ПРН або РН):

- знання будови мікро- і наноструктур й принципів їх функціонування, а також методів дослідження зазначених структур.

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовний 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 принципи 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

Словесні, наочні, практичні.

7. Методи контролю

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

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

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

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

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

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

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

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).

Шкала 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

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 плагиату 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., Охрімівський 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 «Харьк. авиаци. ин-т». – 2020. – 86 с.

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.Тимофеев; 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.

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. «Моделювання приладів мікро- і нанoeлектроніки»: [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> .