

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова приймальної
комісії ХНУРЕ

Ігор РУБАН

«17» березня 2025 р.

ПРОГРАМА
ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
для вступу на третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти
у 2025 році

Спеціальність Е6 Прикладна фізика та наноматеріали

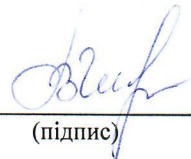
Протокол засідання приймальної комісії від «17» березня 2025 р. № 12

Голова фахової комісії


(підпис)

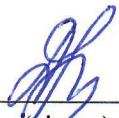
Юрій КУРСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

Зав. відділом аспірантури
та докторантури


(підпис)

Валентина КИРІЙ
(ім'я, прізвище)

Відповідальний секретар
приймальної комісії


(підпис)

Діана РУДЕНКО
(ім'я, прізвище)

Харків 2025

Програма розроблена фаховою комісією зі спеціальності Е6 Прикладна фізика та наноматеріали у складі:

голова комісії:

Юрій КУРСЬКИЙ – д. фіз-мат. н., професор, професор кафедри ФОЕТ;

члени комісії:

Олександр ГНАТЕНКО – к. фіз-мат. н., доцент, зав. кафедри ФОЕТ;

Ігор БОНДАРЕНКО – д. фіз-мат. н., професор, зав. кафедри МЕЕПП.

ТЕМАТИКА ПИТАНЬ

I. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ

1. Електромагнітне поле. Рівняння Максвела. Енергія та імпульс електромагнітного поля. Вектор Пойнтінга.
2. Релятивістська механіка. Перетворення Лоренца. Зв'язок між масою та енергією. Чотиривимірний простір-час.
3. Квантова механіка. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Співвідношення невизначеності Гейзенберга. Рівняння Шрödінгера.

II. ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА

1. Кристалічні тіла. Види хімічних зв'язків у кристалах. Основи кристалографії. Напівпровідникові кристали.
2. Рух квантових часток в потенціальних ямах. Періодичні структури. Модель Кроніга-Пенні. Енергетичні зони в кристалах. Метали, діелектрики та напівпровідники.
3. Статистика електронів в твердому тілі. Принцип Паулі. Розподіли Бозе-Ейнштейна та Фермі-Дірака. Рівень Фермі.
4. Види напівпровідників. Генерація та рекомбінація електронно-діркових пар. Дрейфовий та дифузійний струми. Рівноважні та нерівноважні стани.
5. Контактні явища на межі твердих тіл. Потенціальний бар'єр. Електронно-дірковий перехід. Одностороння провідність. Тунельний ефект.
6. Явища на межі твердого тіла та вакууму. Ефект Шоткі. Термоелектронна емісія. Фотоелектронна емісія. Вторинна електронна емісія. Автоелектронна емісія.

III. ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

1. Хвильове рівняння. Розповсюдження електромагнітних хвиль в середовищах. Фазова та групові швидкості. Дисперсія.
2. Гармонійні та негармонійні процеси. Монохроматичні поля. Комплексна форма рівнянь Максвела. Комплексні діелектрична та магнітна проникності. Затухання електромагнітних хвиль в середовищах.
3. Електромагнітні поля на межах середовищ. Граничні умови Діріхле, Неймана та Леонтовича. Скін-ефект.
4. Електромагнітні хвилі в регулярних хвилеводах. Однозв'язні та багатозв'язні скеровуючі системи. Прямокутний та циліндричний порожнисті хвилеводи. Типи хвиль. Збудження хвилеводів.
5. Електромагнітне поле в порожнистих резонаторах. Прямокутний та циліндричний резонатори. Типи коливань. Добротність коливань. Збудження резонаторів.
6. Нерегулярні хвилеводи. Періодичні сповільнюючі системи. Дисперсійна характеристика. Хвилеводи поверхневої хвилі. Діелектричні та

мікросмушкові хвилеводи.

7. Оптичні резонатори. Резонатор Фабрі-Перо. Поздовжні та поперечні типи коливань. Спектри частот. Добротність оптичних резонаторів та розбіжність випромінювання.

IV. ФІЗИКА ВАКУУМНИХ СИСТЕМ

1. Системи з поздовжньою взаємодією. Модуляція електронного потоку за швидкістю. Динамічне групування потоку. Пролітний та відбивний клістри. Лампа біжучої хвилі типу О. Лампа зворотної хвилі типу О.

2. Системи з поперечною взаємодією. Групування електронного потоку в схрещених полях. Системи М-типу з розподіленою емісією. Магнетрон. Амплітрон. Лампи біжучої та зворотної хвилі типу М.

3. Системи з примусовим випромінюванням вільних електронів. Гіротрони. Системи зі швидкими електромагнітними хвилями. Генератори дифракційного випромінювання.

4. Електронна та іонна оптика. Фокусування електронних та іонних потоків. Електростатичні та магнітні лінзи. Електронний прожектор. Технологічні застосування електронних та іонних пучків.

5. Сучасні електронно-оптичні системи для наукових досліджень. Просвічуючий електронний мікроскоп. Растровий електронний мікроскоп. Тунельний електронний мікроскоп.

V. ФІЗИКА ТВЕРДОТІЛЬНИХ СИСТЕМ

1. Напівпровідниковий діод. Параметри та характеристики діодів. Застосування діодів. Варікапи, варактори, *pin*-діоди, тунельні діоди, діоди з бар'єром Шоткі.

2. Біполярний транзистор. Фізичні процеси в біполярному транзисторі. Характеристики біполярних транзисторів. Перехідні процеси в транзисторі. Системи параметрів.

3. МДН структури. Польовий транзистор та його різновиди. Фізичні процеси в шарових структурах. Характеристики МОН та КМОН структур. Застосування КМОН структур.

4. Лавинний пробій. Лавинно-пролітні діоди. Міждолинний перехід. Діоди Ганна. Хвильові явища в плазмі напівпровідників. Мікрохвильові підсилювачі та генератори на основі біжучих хвиль в плазмі твердого тіла.

5. Внутрішній фотоефект. Оптиелектронні системи. Електролюмінесценція та електрохемілюмінесценція. Оптрони. Оптохемотронні системи. Оптичні методи широкосмугової передачі інформації. Системи із зарядовим зв'язком.

VI. КВАНТОВА ФІЗИКА

1. Хвильова та геометрична оптика. Поляризація світла. Оптичні властивості речовин. Відбиття та заломлення світла. Лінзи. Когерентне та некогерентне випромінювання. Інтерференція та дифракція. Дифракційна ґратка.

2. Закони випромінювання. Однофотонні та багатифотонні процеси. Спонтанне та вимушене випромінювання. Коефіцієнти Ейнштейна. Інверсне заселення енергетичних рівнів.

3. Когерентна взаємодія дворівневої системи з випромінюванням. Молекулярний генератор. Оптичні резонатори. Моді оптичних резонаторів. Одномодовий режим.

4. Основи теорії випадкових процесів. Періодичні та неперіодичні сигнали. Гармонійний та спектральний аналіз. Спектри та кореляційні функції. Швидке перетворення Фур'є та цифрова фільтрація.

5. Шуми в автогенераторах та підсилювачах. Спектри шумів. Дробовий шум і формула Шоткі. Тепловий шум. Формула Найквіста. Методи підвищення співвідношення сигнал/шум. Обробка зображень.

VII. НАНО- ТА МЕТАМАТЕРІАЛИ

1. Класифікація наноматеріалів. Нанопористі структури. Фулерени. Нанотрубки та нановолокна. Графен. Наноструктуровані поверхні та плівки. Нанокристали та нанокластери.

2. Технології отримання та дослідження наночасток. Розпилення в дуговому розряді. Газофазні методи. Розкладання вуглеводнів. Скануюча зондова мікроскопія.

3. Застосування наноматеріалів. Нанотехнології в мікроелектроніці та обчислювальній техніці. Зберігання інформації на молекулярному рівні. Мехатроніка та робототехніка. Застосування нанотехнологій в біології та медицині.

4. Метаматеріали. Внутрішня структура метаматеріалів. Методи отримання метаматеріалів. Електромагнітні та оптичні властивості метаматеріалів. Застосування метаматеріалів для маскування об'єктів та створення нових видів антен.

VIII. ЛАЗЕРНА ФІЗИКА

1. Принцип роботи лазера. Схеми накачування. Властивості лазерних пучків. Типи лазерів. Конструкції лазерів.

2. Спонтанне та вимушене випромінювання. Механізми однорідного та не однорідного поширення лінії випромінювання.

3. Поширення променів та хвиль в оптичних середовищах. Відбиття та пропускання хвиль на межі розділу діелектриків. Багатошарові діелектричні покриття. Інтерферометр Фабрі-Перо. Гаусові пучки.

4. Режим роботи лазерів. Неперервний режим роботи лазерів. Імпульсний режим роботи лазерів. Швидкісні рівняння. Чотирьохрівневий лазер. Порогові умови та вихідна потужність: квазі трирівневий лазер.

IX. ОПТО- ТА КВАНТОВА ІНФОРМАТИКА

1. Визначення та класифікація інформації. Кількість інформації. Ентропія та кількість інформації. Ентропія Шеннона, визначення, властивості

та застосування. Основні теореми теорії інформації. Швидкість передавання інформації. Фактори впливу, приклади.

2. Інтерферометрія, як основа інформаційних та вимірювальних технологій. Високо- та низькогерентна томографія. Принцип формування зображення в системах оптичної томографії. Принцип спектральної інтерферометрії.

3. Фізичні основи голографії. Голографія в науці та промисловості. Цифрова та динамічна голографія. Голографічний мікроскоп.

4. Лазерна скануюча мікроскопія. Конфокальна лазерна скануюча мікроскопія. Багатофотонна лазерна скануюча мікроскопія.

5. Волоконний та відкритий оптичний зв'язок. Оптичний діапазон передавання інформації, його переваги та можливості. Оптичне волокно – типи, структура, основні характеристики. Оптичне волокно для інформаційно-вимірювальних систем. Одно- та багатомодове волокно. Джерела світла, які використовують для передавання сигналу по оптичному волокну.

6. Оптичні системи машинного зору. Оптичні методи обробки інформації – структурна схема та переваги. Технологія гіперспектральної 3-D візуалізації – основні принципи, призначення та реалізація. Перетворення Фур'є, фрактальний аналіз, вейвлет аналіз.

7. Теоретичні основи квантових комп'ютерів. Фізична реалізація кубіту. Квантова криптографія.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Шматько О. О. Електронні прилади надвисоких частот. Основи теорії та радіофізичний лабораторний практикум: Навчальний посібник. – Х.:ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2006.– 328 с.
2. Панфілов І . П., Флейта Ю . В. Електронні та квантові прилади НВЧ: Навч. посібник для вузів. Модуль 1. – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2010. – 120 с.
3. Татарчук Д. Д. Мікрохвильова електроніка [Текст]: навч. посіб. / Д. Д. Татарчук, В. І. Молчанов, М. М. Кобак. – К.: Аверс, 2017. – 125 с
4. Квантова електроніка: навч. посіб. / О. С. Кривець, О. О. Шматько, О. В. Ющенко: Сум. держ. ун-т, 2013. 340 с.
5. Багдасарян А. А. Основи наноелектроніки : навчальний посібник /А. А. Багдасарян. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 133с.
6. Nanomaterials <https://www.mdpi.com/journal/nanomaterials>
7. Nalwa H. S. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology. Vol. 1-10. – American Scientific Publ. 2004.
8. Ю.М. Поплавко, О.В. Борисов, Ю.І. Якименко. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. посіб. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 300 с.
9. О. Svelto Principles of Lasers. 5th ed. 2010. 620 p.
10. Бондаренко І.М., Бородін О.В., Галат О.Б., Карнаушенко В.П. Твердотільна електроніка: Навч. посібник - Харків: ХНУРЕ. 2020. – 236 с.

2 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ВСТУПНИКА ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

Екзаменаційний білет складається з трьох питань. Відповідь на кожне питання оцінюється за 200-бальною шкалою:

–*185-200 балів*: вступник продемонстрував всебічні, систематизовані та глибокі знання матеріалу, повністю розкривши та обґрунтувавши відповідь на питання екзаменаційного білета;

–*170-184 балів*: вступник продемонстрував систематизовані та глибокі знання матеріалу, зазначивши взаємозв'язок основних понять, розкривши та обґрунтувавши відповідь на питання екзаменаційного білета;

–*145-169 балів*: вступник продемонстрував повне знання матеріалу, загалом розкривши питання екзаменаційного білета, при цьому наведена відповідь потребує деяких додаткових роз'яснень, уточнень, доповнень, обґрунтувань тощо;

–*125-144 балів*: вступник продемонстрував знання основного матеріалу та базових понять, загалом розкривши питання екзаменаційного білета, при цьому наведена відповідь потребує деяких суттєвих додаткових роз'яснень, уточнень, доповнень, обґрунтувань тощо;

–*100-124 балів*: вступник продемонстрував знання основ матеріалу в мінімальному обсязі, недостатньо повно розкривши питання екзаменаційного білета, при цьому наведена відповідь потребує суттєвих додаткових роз'яснень, уточнень, доповнень, обґрунтувань тощо;

– *1-99 балів*: вступник продемонстрував недостатні знання матеріалу, припустивши значну кількість принципових помилок у відповіді на питання екзаменаційного білета.

Оцінка за кожне питання виставляється комісією на основі письмової відповіді вступника та усної співбесіди з цього питання, за необхідності. Відповідь на кожне питання екзаменаційного білета зараховується за умови отримання за неї не нижче 100 балів.

Загальна оцінка визначається як середнє арифметичне оцінок, отриманих за кожне питання екзаменаційного білета.

Фахова комісія проставляє загальну оцінку за шкалою 100-200 балів або ухвалює рішення про негативну оцінку зі вступного випробування («незадовільно», «не склав»).