

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Голова приймальної  
комісії ХНУРЕ

Е.Ю. Рубін

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 р.

ПРОГРАМА  
ВСТУПНОГО ІСПИТУ ДО АСПІРАНТУРИ

Спеціальність 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

Протокол засідання приймальної комісії

№ \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Зав. відділом аспірантури  
та докторантури

В.П. Манаков

(підпис, ініціали, прізвище)

Відповідальний секретар  
приймальної комісії

А.В.Снігуров

(підпис, ініціали, прізвище)

Харків 2016

Програма розроблена авторським колективом у складі: Бондаренко І.М. – доктор технічних наук (Харківський національний університет радіоелектроніки), \_\_\_\_\_ – доктор технічних наук (Харківський національний університет радіоелектроніки), \_\_\_\_\_ – доктор технічних наук (Харківський національний університет радіоелектроніки),

Програма затверджена Вченою радою Харківського національного університету радіоелектроніки “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2016 р. Протокол № \_\_\_\_\_.

## ПРОГРАМА

вступного іспиту до аспірантури за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

### **I. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ**

1. Електромагнітне поле. Рівняння Максвелла. 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. ЯВИЩА НА МЕЖАХ СЕРЕДОВИЩ**

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 групова швидкості. Дисперсія.
2. Гармонійні та негармонійні процеси. Монохроматичні поля. Комплексна форма рівнянь Максвелла. 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 мікросмужкові 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 клістрони. 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. Варіапи, 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 ширококугової передачі інформації. Системи із зарядовим зв'язком.

## **VI. КВАНТОВА ТА СТАТИСТИЧНА РАДІОФІЗИКА**

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. Будова та принцип роботи лазерів. Типи лазерів. Твердотільні лазери. Газові та хімічні лазери. Напівпровідникові лазери. Властивості та застосування лазерних променів.
5. Основи теорії випадкових процесів. Періодичні та неперіодичні сигнали. Гармонійний та спектральний аналіз. Спектри та кореляційні функції. Швидке перетворення Фур'є та цифрова фільтрація.
6. Шуми в автогенераторах та підсилювачах. Спектри шумів. Дробовий шум і формула Шоткі. Тепловий шум. Формула Найквіста. Методи підвищення співвідношення сигнал/шум. Обробка зображень.

## **VII. НАНОМАТЕРІАЛИ 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.

## Список літератури

1. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989. – 544 с.
2. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. Т. 1. Техника сверхвысоких частот. – М.: Высш. шк., 1970. — 440 с.
3. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. Т. 2. Электровакуумные приборы сверхвысоких частот. – М.: «Энергия», 1972. — 430 с.
4. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1983. – 319 с.
5. Ткалич В.Л., Макеева А.В., Оборина Е.Е. Физические основы наноэлектроники. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 83 с.
6. Балабанов В. И. Нанотехнологии. Наука будущего. – М.: Эксмо, 2009. – 256 с.
7. Nalwa H. S. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology. Vol. 1-10. – American Scientific Publ. 2004.
8. Слюсар В. Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2009. – № 7. – С. 70–79.
9. Гоулстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П. и др. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. Т. 1. – М.: Мир, 1984. – 303 с.
10. Гоулстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П. и др. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. Т. 2. – М.: Мир, 1984. – 384 с.