

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Факультет радіофізики, біомедичної електроніки
та комп'ютерних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Голова Приймальної комісії,
Ректор Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
_____ В.С. Бакіров
_____ 2019 р.

ПРОГРАМА

вступного екзамену з прикладної фізики
спеціальність 105 “Прикладна фізика та наноматеріали”
за освітньо-науковою програмою
підготовки доктора філософії

за спеціалізаціями:

- 1. Прикладна фізика**
- 2. Біофізика**

Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти

Харків 2019

Частина I. ПРИКЛАДНА ФІЗИКА

Розділ 1. Електродинаміка

1. Постулати мікроскопічної електродинаміки.
2. Релятивістські коваріантні рівняння руху. Тензор електромагнітного поля.
3. Перетворення Лоренца для електромагнітного поля. Інваріанти поля.
4. Перша і друга пари рівнянь Максвелла. Рівняння безперервності.
5. Граничні умови. Теорема Умова-Пойнтінга. Теорема єдиності розв'язків рівнянь Максвелла.
6. Хвильове рівняння. Плоскі хвилі. Плоскі однорідні і неоднорідні монохроматичні хвилі.
7. Рівняння Максвелла комплексної форми.
8. Густина та потік енергії електромагнітного поля.
9. Дисперсія діелектричної проникності. Співвідношення Крамерса-Кроніга.
10. Граничні умови Леонтовича-Щукіна.
11. Відбиття плоскої хвилі від плоскої межі розділення двох середовищ. Закони Снеліуса. Формули Френеля.
12. Методи розв'язання граничних задач електродинаміки.
13. Наближення геометричної оптики і межі його застосування. Рівняння ейконала, принцип Ферма.
14. Основні положення теорії хвилеводів.
15. Порожні металічні хвилеводи.
16. Лінії передачі поверхневих хвиль.
17. Квазіоптичні (відкриті) резонатори та хвилеводи.
18. Функція Гріна в електродинаміці.
19. Лема Лоренца та теорема взаємності.
20. Задача дифракції плоскої хвилі на нескінченній решітці з ідеально провідних стрічок.
21. Метод задачі Римана-Гільберта, розв'язання задач дифракції.

Розділ 2. Статистична радіофізика

1. Основні поняття теорії випадкових процесів. Стаціонарні й нестаціонарні випадкові процеси та способи їх опису.
2. Кореляційно-спектральна теорія стохастичних процесів.
3. Статистичні характеристики огинаючої та фази вузькосмугового нормального стохастичного процесу.
4. Стохастичні поля. Однорідні та ізотропні поля скалярних і векторних величин. Кореляційна функція та спектри.
5. Теплові флуктуації в електродинаміці.
6. Статистичні явища в радіофізиці. Статистична теорія антен. Статистична теорія розповсюдження радіохвиль.

Розділ 3. Фізична електроніка

1. Види емісії.
2. Елементарні процеси в іонізованому газі. Основні поняття фізики атомних зіткнень. Переріз розсіювання.
3. Фундаментальні методи теоретичного дослідження плазми. Кінетичні рівняння для електронів у слабоіонізованому газі.
4. Методи діагностики розрядної плазми. Електричні зонди. Рефракційний, інтерференційний та лазерний методи діагностики.
5. Зонна теорія напівпровідників. Ефективна маса.
6. Статистика електронів та дірок в напівпровідниках, концентрація носіїв.
7. Кінетичні явища в напівпровідниках. Кінетичне рівняння Больцмана. Ефект Хола. Електропровідність.
8. Рівняння неперервності. Контактні явища, p-n перехід.

9. Дифузійний та дрейфовий транзистори. МДН, МОН- транзистори.
- 10 Прилади НВЧ-діапазону – тунельний діод. Лавинно-пролітний діод, діод Ганна.
11. Поглинання та випромінювання в напівпровідниках, прямі та непрямі переходи.
12. Світлодіод. Напівпровідниковий лазер. Критерій виникнення лазерного випромінювання.
13. Фотоелектричні прилади – фоторезистор, фотодіод, фототріод, оптрон. Оптиелектроніка.

Розділ 4. Квантова радіофізика

1. Атом водню і воднеподібні атоми.
2. Атоми з багатьма електронами.
3. Стаціонарні стани молекул.
4. Взаємодія електромагнітного поля речовини в дипольному наближенні. Лінійні та нелінійні тензори діелектричного сприйняття.
5. Напівкласична теорія випромінювання.
6. Імовірність однофотонних і багатифотонних процесів. Спонтанні та індуковані переходи.
7. Форма та інтенсивності спектральних ліній. Форма спектральних ліній в атомарних і молекулярних газах, електронні, коливальні та обертальні переходи. Правила відбору.
8. Однорідне і неоднорідне розширення спектральних ліній. Природня ширина, зштовхувальне і доплерівське розширення. Поперечний та поздовжній час релаксації.
9. Принципи роботи приладів квантової електроніки. Методи створення інверсії населеності та негативного поглинання.
10. Молекулярний генератор. Рівняння для поля в квантовому генераторі.
11. Оптичні резонатори, несталий резонатор.
12. Гаусівські пучки. Розповсюдження у вільному просторі. Граничні умови резонатора.
13. Поздовжні та поперечні типи коливань, спектр частот та розбіжність (спрямованість) випромінювання. Добротність.
14. Будова та параметри лазера.
15. Лазери на вимушеному комбінаційному розсіяння. Режим роботи лазерів. Надкороткі імпульси.
16. Методи стабілізації частоти лазерів.
17. Гільберт-оптика. Фазові дифракційні елементи для виконання перетворювання Гільберта хвильового пучка.
18. Формування профілю розподілу інтенсивності лазерного пучка дифракційними структурами.
19. Атомна спектроскопія. Методи дослідження рідбергівських станів атомів.
20. Квантові стандарти частоти.

Розділ 5. Нелінійна радіофізика

1. Загальні відомості про нелінійні явища.
2. Методи нелінійної радіофізики.
3. Самодія та взаємодія електромагнітних хвиль.
4. Ударні хвилі. Солітони.
5. Самофокусування пучків хвиль.
6. Нестійкості, їх типи.
7. Нелінійні явища в квантовій радіофізиці.
8. Нелінійні явища в плазмі та навколосемному просторі.
9. Нелінійні явища в статистичній радіофізиці.
10. Детермінований хаос в радіофізиці.
11. Самоорганізація в радіофізиці.

Частина II. БІОФІЗИКА

1. Предмет та основні задачі біофізики. Взаємозв'язок фізичних і біологічних процесів у живих організмах. Історія та сучасні напрямки розвитку біофізики.
2. Структурні моделі води. Аномальні фізичні властивості води. Водні розчини електролітів. Гідратація іонів. Біологічна роль іонів.
3. Типи взаємодії атомів у біомолекулах.
4. Моделі ідеальних і реальних полімерних ланцюгів. Їх фізичні характеристики та конформація.
5. Проблеми фізики білка. Стабілізація вторинної структури білка, роль водного оточення. Конформаційні моделі поліпептидів і білків. Проблема зв'язку первинної структури білка з його просторовою структурою.
6. Фізичні та хімічні властивості полінуклеотидів і нуклеїнових кислот. Їх конформаційна різноманітність. Стабільність ДНК і РНК, роль взаємодії з водою, іонами та біологічно активними речовинами.
7. Моделі структурної організації мембран. Фізико-хімічні властивості ліпідів і мембранних білків. Ліпідні наноструктури. Роль води в стабілізації структури біологічних мембран. Мембранний транспорт. Іонні канали. Рівноважні мембранні потенціали.
8. Хімічні й фізичні аспекти функціонування ферментів. Рівняння Міхаеліса-Ментен. Кооперативні властивості ферментів. Явище аллостеризму. Модель електронно-конформаційних взаємодій. Мембранні рецептори та їх функції. Кінетика взаємодії речовин з рецепторами мембран. Види міжклітинних контактів і їх роль у життєдіяльності організму.
9. Фізичні аспекти нервової провідності. Природа тваринної електрики. Аксон і нервовий імпульс. Фізико-хімічні моделі збудження. Розповсюдження та генерація нервових імпульсів. Синаптична передача.
10. Термодинамічний опис механохімічного процесу. Біофізика м'язового скорочення. Механохімічні системи. Молекулярні наномотори. Кінезин. Слух. Біокібернетика й біоніка.
11. Енергетика окисно-відновних реакцій. Мембранне окислювальне фосфорилування в мітохондріях. Біофізичні аспекти фотосинтезу. Дві фотохімічні системи.
12. Зір. Молекулярний механізм рецепції світла. Бактеріородопсин.
13. Фізичні властивості води та водних розчинів при низьких температурах. Дія низьких температур на клітину та живі організми. Проблеми кріоконсервації біоматеріалів.
14. Фізичні механізми впливу електромагнітних полів на біосистеми на молекулярному рівні.
15. Радіаційна біофізика. Механізми прямої та посередньої дії іонізуючих випромінювань. Радіоліз води. Теорія влучення та теорія мішені. Дія іонізуючої радіації на живі організми різних рівнів біологічної організації.
16. Методи побудови кінетичних моделей біологічних систем. Аналіз математичних моделей за допомогою фазових і структурних портретів.
17. Динамічні моделі біологічних систем. Моделі росту популяції. Математичні моделі в мікробіології. Модель Вольтерра та її узагальнення. Біологічні тригери. Типи перемикання тригерних систем. Генетичний тригер. Модель Жакоба й Моно. Математичні моделі конвергентної і дивергентної еволюції.
18. Автохвильові процеси в біологічних об'єктах. Моделі збудливих середовищ. Процеси самоорганізації в біологічних системах. Роль біфуркацій. Біологічні системи як дисипативні структури. Базові моделі й види дисипативних структур.

19. Функціонування термодинамічно відкритих нерівноважних біологічних систем. Другий закон термодинаміки у відкритих системах. Зміна ентропії в нерівноважних відкритих системах. Основний постулат термодинаміки необоротних процесів. Вироблення ентропії та спорідненість хімічної реакції. Поняття термодинамічного спряження. Співвідношення Онзагера. Дисипація енергії в скалярних і векторних необоротних процесах. Принцип Кюри-Пригожина.

20. Термодинаміка процесів переносу. Дисипативна функція для потоків речовин через проникну мембрану. Пасивний мембранний транспорт. Електрокінетичні явища в процесах переносу. Рівняння потоків Кедем-Качальського. Практичні транспортні коефіцієнти. Активний мембранний транспорт.

21. Стаціонарні стани нерівноважних біологічних систем. Теорема Пригожина про мінімум вироблення ентропії. Спряження в стаціонарному стані. Різні види стійкості термодинамічних систем. Теореми Ляпунова. Стійкість рівноважних станів. Зміна ентропії поблизу рівноважного стану. Критерії стійкості й еволюції лінійних нерівноважних систем. Стійкість стаціонарних станів, далеких від рівноваги. Загальні закономірності еволюції нерівноважних термодинамічних систем.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

1. Виконання кожного завдання білету оцінюється балом за таблицею

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недобросесність	
2	1-20	Наведено лише визначення термінів, які входять до формулювання питання	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі, записано основні закони з цієї теми
3	21-49	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п.2 вказано метод розв'язання задачі
4	50-60	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі допущено грубі помилки
5	61-80	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі не доведено до кінця
6	81-90	Наведено правильну в цілому відповідь з порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій чи оформлення відповіді ускладнює розуміння тексту	Задачу доведено до правильної кінцевої формулі і на тому припинено розв'язання
7	91-100	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення

2. Загальна оцінка вступного випробування за 100-бальною шкалою розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = (\text{П1} + \text{П2} + \text{П3}) / 3 ,$$

де П1, П2, П3 – бали за відповіді на окремі завдання екзаменаційного білету.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Мигулин В.В. Теория колебаний. М., Наука, 1987.
2. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Наука, 1976.
3. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Часть 2. М., Наука, 1978.
4. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М., Физматгиз, 1967.
5. Ярив А. Квантовая электроника и нелинейная оптика. М., Советское радио, 1973.
6. Пантел Р., Путхоф Г. Основы квантовой электроники. М., Мир, 1972.
7. Микаэлян А.Л., Тер-Микаэлян М.Л., Турков Ю.Г. Оптические квантовые генераторы на твердом теле. М., Советское радио, 1967.
8. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1983.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М., Наука, 1984.
10. Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж., Моррис Х. Солитоны и нелинейные волновые уравнения. М., Мир. 1988.
11. Шустер Г. Детерминированный хаос. М., Мир, 1988.
12. Соболев В.Д. Физические основы электронной техники. М., Высшая школа, 1979.
13. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М., Наука 1987.
14. Сипкевич О.А., Стаханов Н.П. Физика плазмы, стационарные процессы в частично ионизированном газе. М., Высшая школа, 1991.
15. Ржевкин К.С. Физические принципы действия полупроводниковых приборов. М., МГУ, 1986.
16. Черногор Л.Ф. Нелінійна радіофізика. Підручник. Харків, ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2016.
17. Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф. Нелинейные явления в радиофизике: Сборник задач. Харьков, ХГУ, 1998.
18. Григоруку В.І., Коротков П.А., Хижняк А.І. Лазерна фізика. Київ, МП "Леся", 1997.
19. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. М., Мир, т.т. 1,2, 1984.
20. Викулин Н.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. М., Радио и связь, 1990.
21. Светличный В.Н. Твердотельная электроника, тексты лекций. Харьков, ХГУ, ч.1, ч.2, 1990.
22. Прохоров Э.Д. Твердотельная электроника, тексты лекций. Харьков, ХГУ, ч.3, 4, 1993.
23. Kraus, J.D. Electromagnetics. 4th ed., McGraw-Hill, 1992. XIX.
24. Kraus, J.D. Antennas, McGraw-Hill, 1988. XXV.
25. Baker, G.L., and J.P. Gollub. Chaotic Dynamics. Cambridge University Press, 1996.
26. Джаксон М.Б. Молекулярная и клеточная биофизика. 2009.
27. Огурцов А.Н., Близнюк О.Н. Основы химической и молекулярной биофизики. 2017.
28. Кантор Ч., Шиммель П. Биофизическая химия. В 3-х т. 1984.
29. Нуклеиновые кислоты от А до Я. 2013.
30. Волькенштейн М.В. Биофизика. 1988.
31. Биофизика / Под ред. П.Г.Костюка. 2000.
32. Рубин А.Б. Биофизика. Кн. 1,2.- 1999.
33. Биополимеры / Т.Оои, Э.Ицука, С.Онари и др. 1988.
34. Введение в биомембранологию / Под ред. А.А. Болдырева. 1990.

35. Ярмоленко С.П. Радиобиология человека и животных. 1988.
36. Грищенко В.И., Белоус А.М. Криобиология. 1994.
37. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. 1984.
38. Рубин А.Б. Термодинамика биологических процессов. 1984.
39. Кеплен С.Р., Эссиг Э. Биоэнергетика и линейная термодинамика необратимых процессов. 1986.