

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ МИХАЙЛА ДРАГОМАНОВА
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ, ІНФОРМАТИКИ ТА ФІЗИКИ
КАФЕДРА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ І ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ ТА АСТРОНОМІЇ



«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Проректор з наукової роботи
доктор фізико-математичних наук,
проф. Григорій ТОРБІН

Григорій Торбін
20 березня 2025 р.

ПРОГРАМА

вступного випробування зі спеціальності

для аспірантів третього (освітньо-наукового) рівні вищої освіти

для здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD)

галузь знань **Е Природничі науки, математика та статистика**

спеціальність **Е5 Фізика та астрономія**

Розробники програми:

Тартачний. Володимир Петрович - доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри експериментальної та теоретичної фізики та астрономії;

Вернидуб Роман Михайлович - кандидат фізико-математичних наук, професор кафедри експериментальної та теоретичної фізики та астрономії;

Мосюк Тетяна Іванівна - доктор філософії, асистент кафедри експериментальної та теоретичної фізики та астрономії.

Рецензенти:

Корець Микола Савич - кандидат фізико-математичних наук, доктор педагогічних наук, заслужений працівник освіти України, професор, професор кафедри Інженерії та технологій виробництва Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Стратілат Дмитро Петрович - доктор філософії, молодший науковий співробітник відділу дослідницького ядерного реактора Інституту ядерних досліджень НАН України

Програма вступного іспиту зі спеціальності для аспірантів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти для здобуття наукового ступеня «Доктор філософії» (PhD) галузь знань Е Природничі науки, математики та статистики, спеціальність Е5 Фізика та астрономія Тартачник В.П., Вернидуб Р.М., Мосюк Т.І. УДУ імені Михайла Драгоманова, 2025. -9 с.

Обговорено і затверджено на засіданні Вченої ради факультету математики, інформатики та фізики УДУ імені Михайла Драгоманова, протокол №8 від «24» березня 2025 р.

Декан факультету



Микола ПРАЦЬОВИТИЙ

Гарант освітньо-наукової програми



Роман ВЕРНИДУБ

I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма вступного екзамену для вступу на навчання за третім (освітньо-науковим) рівнем для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю Е5 Фізика та астрономія галузі знань Е Природничі науки, математика та статистика містить основні і найбільш важливі в теоретичному та практичному відношенні питання з курсів загальної фізики і теоретичної фізики, зокрема питання з фізики твердого тіла, класичної електродинаміки та радіаційної фізики.

Метою вступного екзамену є перевірка компетентностей вступників до аспірантури, їх здатності здійснювати наукові дослідження і розв'язувати складні задачі та проблеми з фізики, а також здатності їх застосувань у різних сферах науки і техніки.

Вступники повинні продемонструвати:

- знання і розуміння основних понять, принципів, концепцій і методів теоретичної і експериментальної фізики, їх застосування для вирішення наукових і прикладних задач;
- вміння застосовувати методи експериментальних досліджень, математичні методи теоретичної фізики, методи фізичного і математичного моделювання фізичних систем і процесів, методи обробки результатів експерименту та аналізу даних;
- уміння ясно і переконливо повідомляти свої знання, судження і висновки в галузі фізики, методів та результатів фізичних досліджень професійній і непрофесійній аудиторії.

II. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ВСТУПНИКА

Критерії оцінювання відповіді вступника на питання білета

За шкалою університету	Визначення	Характеристика відповідей вступника
0-99 бали	Низький	Вступник дав поверхневу відповідь на запитання білету, допустив значимі помилки при аргументуванні та використанні понятійно-термінологічного апарату профільних розділів фізики; виявив недостатню обізнаність із літературними джерелами з проблем електродинаміки та фізики твердого тіла; зміст відповіді демонструє незнання вступником

		необхідного матеріалу для подальшого проведення наукового дослідження з оптоелектроніки та радіаційної фізики.
100-139 балів	Задовільний	Вступник дав правильну відповідь на запитання, однак допустив помилки у використанні понятійно-термінологічного апарату з проблем електродинаміки та фізики твердого тіла, продемонстрував поверхову обізнаність з літературними джерелами, допустив помилки під час наведення аргументації чи посилання на літературу, що впливає на логіку та висновки під час відповіді.
140-169 балів	Достатній	Вступник дав правильну відповідь на запитання, однак допустив часткове нерозуміння у використанні фізичних принципів та закономірностей визначених явищ та процесів з профільних розділів фізики; продемонстрував обізнаність з літературними джерелами щодо здатності здійснювати наукові дослідження і розв'язувати складні задачі та проблеми з фізики, але допустив неточності під час наведення аргументації чи посилання на літературу, що впливає на логіку та висновки під час відповіді.
170-200 балів	Високий	Вступник дав повний, розгорнутий, вичерпний виклад змісту питань білету; продемонстрував вільне знання фізичних принципів та закономірностей визначених явищ та процесів з теоретичної фізики, виявив широку обізнаність із літературними джерелами та основами використання методів експериментальних досліджень, методів обробки результатів та фізичного і математичного моделювання фізичних систем і процесів.

III. СТРУКТУРА БІЛЕТА ВСТУПНОГО ІСПИТУ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені МИХАЙЛА ДРАГОМАНОВА

Вступний іспит зі спеціальності
Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти
Спеціальність Е5 Фізика та астрономія

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №1

1. Квантова природа світла. Теорія Бора. Рівні енергії атома водню. Формула Бальмера. Утруднення теорії Бора.
2. Конденсований стан речовини. Типи хімічних зв'язків. Ідеальний кристал. Геометрія решітки.
3. Електростатичне поле. Силowe та енергетичні характеристики електростатичного поля. Провідники і діелектрики в електростатичному полі. Теорема Гауса.

Затверджено на засіданні Вченої ради факультету математики, інформатики та фізики,
протокол № 8 від «24» березня 2025 року

Проректор з наукової роботи

Григорій ТОРБІН

Гарант освітньо-наукової
програми Е5 Фізика та астрономія

Роман ВЕРНИДУБ

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури

Ксенія БОДНАР

IV. ПИТАННЯ ДО ЕКЗАМЕНУ ДЛЯ ВСТУПУ В АСПІРАНТУРУ

1. **Фізичні конденсовані системи.** Агрегатні стани речовини. Невпорядкований та впорядкований стани. Аморфні і кристалічні тіла. Ближній і дальній порядок. Принцип щільності. Моделі кристалів. Макроскопічні ознаки кристалічного стану.
2. **Структура кристалів.** Елементарна комірка та її параметри. Типи комірок. Координаційне число. Число атомів на комірку. Кристалічна ґратка. Ґратки Браве і кристалічні сингонії.
3. **Сили зв'язку в твердих тілах.** Енергія зв'язку. Типи зв'язків: іонний, ковалентний, металевий, ван-дер-ваальсовий та водневий. Рідкі кристали.
4. **Електростатика.** Електростатичне поле. Електричний заряд. Силова та енергетична характеристики електростатичного поля. Потенціальний характер

електростатичного поля. Провідники та діелектрики в електростатичному полі. Теорема Остроградського-Гаусса та її застосування до розрахунку характеристик електростатичних полів.

5. Постійний електричний струм. Електричний струм у різних середовищах: металах, рідинах, газах, вакуумі. Закон Ома для повного кола. Диференціальна та інтегральна форма законів Ома та Джоуля-Ленца. Явище надпровідності.

6. Магнітне поле. Електромагнітна індукція. Магнітне поле електричного струму та його характеристики. Закон Біо-Савара-Лапласа та його застосування до розрахунку характеристик магнітних полів. Теорема про циркуляцію вектора напруженості магнітного поля. Закон повного струму. Електромагнітна індукція, емпіричний закон Фарадея.

7. Рівняння Максвелла. Гіпотеза Максвелла про струм зміщення. Узагальнення емпіричних законів класичної електродинаміки у феноменологічній теорії Максвелла. Рівняння Максвелла, їх фізичний зміст. Електромагнітні хвилі. Хвильове рівняння та його розв'язання. Плоскі електромагнітні хвилі. Вектор Пойтінга.

8. Коливальні процеси. Хвильові процеси. Поширення хвиль. Рівняння хвилі. Фазова швидкість поширення хвилі. Енергія хвилі. Тиск світла.

9. Фотометрія. Оптичне випромінювання. Основні енергетичні та світлові фотометричні величини. Крива спектральної світлової ефективності. Еталон сили світла. Закони освітленості. Джерела і приймачі світла. Фотометр Люммера-Бродхуна, люксметр.

10. Геометрична оптика. Геометрична оптика як граничний випадок хвильової оптики. Основні поняття і закони геометричної оптики. Оптичний інваріант. Заломлення і відбивання світла. Волоконна оптика.

11. Хвильова оптика. Принцип суперпозиції. Методи одержання когерентних пучків світла. Явища інтерференції, дифракції. Дифракційна ґратка. Явище поляризації світла.

12. Взаємодія електромагнітних хвиль з речовиною. Класична теорія дисперсії і поглинання світла. Дисперсія показника заломлення світла.

Поглинання світла. Випромінювання Вавілова-Черенкова. Розсіяння світла. Поняття про нелінійну оптику.

13. Квантові властивості випромінювання. Теплове випромінювання. Закони випромінювання абсолютно чорного тіла. Формула Планка. Фотоефект. Закони і квантова теорія зовнішнього фотоефекту. Маса та імпульс фотона. Ефект Комптона. Корпускулярно-хвильовий дуалізм властивостей світла.

14. Основи квантової механіки. Корпускулярно-хвильовий дуалізм частинок речовини. Хвилі де Бройля та їх властивості. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Рівняння Шредингера. Постулати і принципи квантової механіки.

15. Атоми і молекули. Атомні моделі. Планетарна модель Резерфорда-Бора. Досліди Франка і Герца. Природа міжатомних та міжмолекулярних зв'язків: йонний, ковалентний, металічний, дисперсійний.

16. Ядра атомів. Протонно-нейтронний склад ядра. Основні характеристики ядер. Властивості ядерних сил. Ядерні моделі. Модель ядра Д. І. Іваненка. Закон радіоактивного розпаду. Дозиметрія. Захист від іонізуючого випромінювання.

17. Елементарні частинки. Класифікація елементарних частинок. Ферміони і бозони. Квантова структура атомів і квантова хромодинаміка. Кварк-лептонна симетрія. Фундаментальні взаємодії: гравітаційна, електромагнітна (електрослабка), сильна.

18. Основи зонної теорії твердих тіл. Енергетичні рівні вільних атомів. Колективізація електронів у кристалах. Дискретність енергетичного спектра електронів у кристалах. Рівень Фермі, температура Фермі. Вироджений та не вироджений електронний газ в кристалах. Дозволені та заборонені енергетичні зони. Метали, напівпровідники та діелектрики.

19. Основні положення нанофізики і нанотехнологій. Предмет і задачі нанофізики і нанотехнологій. Нанофізика. Нанотехнології.

20. Класифікація наноструктур. Наноструктурні матеріали. Дисперсність. Види нанооб'єктів. Наночастинки. Нанопористі матеріали. Нанодисперсії. Наноструктуровані поверхні та плівки. Гетероструктури. Нанокристалічні матеріали. Вуглецеві молекули. Невуглецеві фулерени.

21. **Технології одержання наноматеріалів.** Технології "згори – донизу" та "знизу - догори". Літографія. Епітаксія. Самоорганізація. Самозбирання.
22. **Методи дослідження наноматеріалів.** Оптична мікроскопія. Електронна мікроскопія. Атомно-силова мікроскопія. Тунельна мікроскопія. Зондова скануюча мікроскопія.
23. **Прикладні аспекти нанофізики.** Нанотехнології в електроніці. Квантовий комп'ютер. Кубіти. Нанотехнології в медицині та техніці.
24. **Сучасна фізична картина світу.** Всесвіт – речовина – молекули – атоми - елементарні частинки - фундаментальні частинки. Фундаментальні взаємодії. Поняття про єдині теорії. Велике об'єднання і можлива нестабільність протона.

V. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Болеста І.М. Фізика твердого тіла. Навчальний посібник. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 480 с.
- 2. Багацька О.Б. Теоретична електродинаміка : підручник / [О. В. Багацька, О. Ю. Бутрим, М. М. Колчигін та ін.] – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 414 с
3. Багацька О.В. Електродинаміка. Теорія поля : Навчальний посібник / Багацька О. В., Бутрим О. Ю., Колчигін М. М. та ін. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2008.- 132 с.
4. Юхновський І.Р. Основи квантової механіки: Навч.посібник. – 2-ге вид., перероб і доп. – К.:Либідь, 2002. –392 с.
5. Венгер Є.Ф. та ін. Основи теоретичної фізики: Навч. посіб. / Є. Ф. Венгер, В. М. Грибань, О. В. Мельничук. – К.: Вища шк., 2011. – 432 с.
- 6. Коновал О.А. Основи електродинаміка. Кривий Ріг, « Видавничий дім», 2008., 347 с.
7. Вакарчук І.О. Квантова механіка: Підручник.- Л. Львів: ЛДУ ім. І Франка, 2011 р. , 616 с: 73 іл.
8. Вакарчук І. О. Найпростіші задачі квантової механіки // Квантова механіка. — 4. — Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012. — 872 с.

9. Білий М.У., Охріменко Б.А. Атомна фізика: Підручник. – К.: Знання, 2009.- 559с. – (Класична і сучасна фізика).
- 10.Сапожников І.С. Фізика. Основи квантової фізики та ядерної фізики. – Житомир: ЖВІРЕ, 2006. - 212 с.
- 11.Дудик, М. В. Електродинаміка [Текст] : навч. посібник для студ. ВНЗ фізико-математичних спеціальностей ; [курс лекцій для студ.] / М. В. Дудик, Ю. В. Діхтяренко ; [рец. Ю. М. Краснобокий, І. І. Побережець]. – Умань : Жовтий О. О., 2015. – 120 с. : іл. – Бібліогр.: с. 9.
- 12.Іванов В.О.Теорія електромагнітного поля [Текст] : підручник / В. О. Іванов, Є. І. Габрусенко, Л. В. Сібрук ; Нац. авіац. ун-т. - Київ : НАУ, 2017. - 334, [1] с.
- 13.Куцова В.З., Котова Т.В., Аюпова Т.А. Наноматеріали та нанотехнології. Навч. посібник. У двох частинах. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 103с.
- 14.Вуглецеві наноструктурні матеріали: токсичність та біосумісність / І.В. Кононко, В.П. Сергєєв, О.В. Щербицька, В.Д. Кліпов, Н.В. Кононко // Вісник Українського матеріалознавчого товариства. — 2015. — No 1(8). — С. 58-67.
15. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огієнко, • О.В.Решетняк. – Київ: Наукова думка, 2008. – 424 с.
16. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченков О.О., Смик С.Ю. Квантові низькорозмірні системи.- Київ: Академперіодика, 2003. - 308 с.
17. Яблонь Л.С., Бойчук В.М. Фізичні основи нанотехнологій. Курс лекцій. – ІваноФранківськ, 2015. – 103 с.
18. Поплавко Ю.М., Борисов О. В., Якименко Ю. І. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 300 с.