

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Приймальна комісія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова приймальної комісії ДВНЗ «УжНУ», ректор

_____ проф. Володимир СМОЛАНКА

_____ 2025 р.

ПРОГРАМА

вступного іспиту із спеціальності

для вступників на навчання для здобуття ОС доктор філософії
за спеціальністю Е5 Фізика та астрономія

(вступ на основі НРК7)

РОЗРОБЛЕНО

Предметною комісією
з спеціальності Е5 Фізика та астрономія

Голова комісії _____ Юліан ВИСОЧАНСЬКИЙ

Ужгород - 2025

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма фахового вступного випробовування для вступників на навчання до аспірантури для здобуття третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю Е5 Фізика та астрономія галузі знань Е «Природничі науки, математика та статистика» складена у відповідності до нормативних документів МОН України: Закону України «Про вищу освіту», від 10 лютого 2025 року № 168 та зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 26 лютого 2025 року за № 312/43718, із змінами і доповненнями, внесеними наказом МОН України від 27 лютого 2025 року № 386; Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 19 травня 2023 року № 502) та Правил прийому на навчання для здобуття вищої освіти у Державному вищому навчальному закладі «Ужгородський національний університет» у 2025 році (затверджених рішенням Вченої ради ДВНЗ «УжНУ» 18 березня 2025 року, протокол № 3 та введеним в дію Наказом ректора ДВНЗ «УжНУ» від 18 березня 2025 року № 250/01-04); перелік спеціальностей та освітніх програм, за якими оголошується прийом для здобуття освітнього ступеня доктор філософії, приведено у Додатку А1 до Правил прийому; нормативних документів МОН України щодо реалізації положень Болонської декларації в системі вищої освіти та згідно рекомендацій, затверджених наказами Міністерства освіти і науки від 23 січня 2004 року за №48, від 20 жовтня 2004 року за №812, від 20 січня 2005 року за №30, від 30 грудня 2005 року за №774.

Програма складена за навчальними програмами основних нормативних фундаментальних дисциплін, затвердженими Рішеннями Вченої ради фізичного факультету ДВНЗ «УжНУ», і містить перелік питань, знання яких є обов'язковим для вступників до аспірантури для здобуття вищої освіти ступеня доктора філософії зі спеціальності Е5 Фізика та астрономія. Мета вступного іспиту полягає в тому, аби з'ясувати рівень професійної підготовки випускників (магістрів /спеціалістів), їх відповідність стандартам вищої освіти й можливостям продовження навчання за освітнім ступенем доктор філософії (PhD). На даному випробуванні вступники повинні продемонструвати глибокі знання теоретичних основ з фахових навчальних дисциплін загальної та теоретичної фізики, що стосується розуміння

основних понять, принципів, концепцій, термінології, законів, структури і властивостей природи на різних рівнях її організації від елементарних частинок до Всесвіту, полів та явищ, що формують цілісну сучасну фізичну картину світу, усіх видів фізичних явищ, що спостерігаються у природі та їх застосування у різних сферах науки і техніки.

Фахове вступне випробування має кваліфікаційний характер і передбачає перевірку компетентностей вступників до аспірантури. Іспит проводиться в усній формі та оцінюється за шкалою в межах 100-200 балів. Підготовка до питань за білетами здійснюється на відповідному бланку приймальної комісії. До білету включено 3 теоретичні питання з різних розділів фізики.

ПЕРЕЛІК ФАХОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН, З ЯКИХ ПРОВОДИТЬСЯ ВСТУПНЕ ВИПРОБУВАННЯ

Механіка з елементами теорії відносності
Термодинаміка і молекулярна фізика
Електрика і магнетизм
Оптика
Атомна фізика
Фізика ядра та фізика елементарних частинок
Теоретична механіка
Електродинаміка і теорія поля
Квантова механіка
Термодинаміка і статистична фізика

ТЕМИ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ

I. МЕХАНІКА

1. Динаміка точки. Закони Ньютона. Закон всесвітнього тяжіння. Рух в центральньо-симетричному полі. Закони Кеплера. Принципи відносності Галілея та Ейнштейна. Інерціальні та неінерціальні системи. Рух в неінерціальних системах відліку. Маятник Фуко. Рівняння руху системи матеріальних точок.
2. Закони збереження кількості руху, збереження і перетворення енергії в механіці. Закон збереження моменту кількості руху. Застосування законів збереження (удар куль, реактивний рух). Роботи Ціолковського.
3. Динаміка твердого тіла. Ступені вільності. Гіроскопи.

4. Гідро- і аеродинаміка. Стаціонарний рух ідеальної рідини. Рівняння Бернуллі. Течія рідини по трубах. Роботи Жуковського. В'язкість і методи її визначення. Ламінарна і турбулентна течії. Підйомна сила крила літака і лобовий опір. Умови, необхідні для польотів на великій висоті. Перша і друга космічні швидкості.
5. Коливання і хвилі. Гармонічні коливання. Математичний і фізичний маятники. Власні і вимушені коливання з одним ступенем вільності. Поширення коливань в суцільному середовищі (повздовжні та поперечні хвилі, стоячі хвилі).
6. Звук. Висота звуку. Тембр звуку. Сила і гучність звуку. Ультразвуки, їх одержання і застосування в сучасному виробництві, науці і техніці.

П. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА, ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

1. Основи кінетичної теорії газів. Газові закони. Статистичний метод в фізиці. Функція розподілу. Мікроканонічний розподіл. Розподіл за швидкостями молекул газу. Експериментальне визначення швидкостей молекул газу. Закон Больцмана. Барометрична формула.
2. Число співударів і середня довжина вільного пробігу газових молекул. Дифузія, внутрішнє тертя і теплопровідність в газах. Методи одержання і вимірювання високого вакууму.
3. Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Фазові перетворення. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Критичний стан. Кипіння і конденсація. Зрідження газів.
4. Тверде тіло. Кристалічні ґратки. Дифракція рентгенівських променів на просторовій ґратці. Формула Вульфа-Брегга. Плавлення і кристалізація. Механічні властивості твердих тіл. Коливання кристалічної ґратки.
5. Рідина і розчини. Загальні властивості рідин. Крива кипіння. Поверхневий натяг і кривизна поверхні. Змочування. Капілярність. Дисоціація. Діаграма стану двохкомпонентної системи. Евтектика. Тверді розчини.
6. Теплоємність. Методи визначення теплоємності газів, рідин і твердих тіл. Закон рівно імовірного розподілу енергії по ступенях вільності. Елементи квантової теорії теплоємностей газів і твердих тіл.
7. Перший принцип термодинаміки. Другий принцип термодинаміки. Циклічні процеси. Теореми Карно. ККД циклу Карно. Статистична вага, ентропія.

8. Статистичне тлумачення другого начала термодинаміки. Зв'язок між ентропією і імовірністю.
9. Розподіл Гаусса. Флуктуації основних термодинамічних величин. Броунівський рух як флуктуаційний процес. Середнє квадратичне відхилення броунівської частинки.
10. Квантова статистика. Теорема Нернста. Розподіл Бозе і Фермі. Теплоємність твердих тіл при низьких температурах. Теплове випромінювання. Чорне тіло. Закон Кірхгофа. Формула Релея-Джонса. Закон Стефана-Больцмана. Закон зміщення Віна. Формула Планка.

ІІІ. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ

1. Електричне поле. Вектори напруженості і зміщення. Теорема Остроградського-Гаусса. Електричний потенціал. Енергія електричного поля. Послідовне і паралельне з'єднання конденсаторів.
2. Діелектрики і напівпровідники. Електричне поле в однорідному діелектрику. Молекулярна картина поляризації діелектрика. Сегнетоелектрики. Електропровідність металів, напівпровідників та діелектриків. Основи електронної теорії металів, діелектриків та напівпровідників. Основні властивості напівпровідників: власні і домішкові напівпровідники, р-п переходи. Діоди, транзистори, світлодіоди, напівпровідникові лазери.
3. Закони взаємодії струмів. Магнітне поле струму. Дія магнітного поля на струм. Сила Лоренца. Потенціальні і вихрові поля.
4. Електрорушійні сили. Контактна різниця потенціалів. Термоелектрика..
5. Надпровідність. Низькотемпературна надпровідність. Надпровідники першого та другого роду. Ефект Мейснера. Куперівські пари. Елементи теорії Бардіна-Купера-Шріфера. Високотемпературні надпровідники. Застосування надпровідників.
6. Магнетики. Магнітне поле в магнетиках. Пара- і діамагнетики. Феромагнетики. Криві намагнічування. Гістерезис. Магнітні домени. Основи теорії феромагнетизму.
7. Електромагнітна індукція, закон індукції. Правило Ленца. Взаємоіндукція і самоіндукція. Екстраструми. Робота Е.Р.С. індукції. Магнітна енергія струму.
8. Термоелектронна емісія і її закони. Електронна лампа. Вплив просторового заряду. Застосування електронних ламп у випрямлячах, підсилювачах, генераторах.

9. Іонізація молекул і рекомбінація іонів у газах. Рухливість іонів. Самостійний і несамостійний розряд. Основні форми самостійного розряду. Визначення відношення заряду до маси для електронів і іонів газу. Визначення заряду електрона по Міллікену.
10. Закони Кірхгофа для квазістаціонарних струмів. Власні коливання в простому контурі. Вимушені електричні коливання. Методи одержання електричних коливань.
11. Закон Ома для змінного струму. Потужність змінного струму. Трансформатор.
12. Рівняння Максвелла. Електромагнітні хвилі. Енергія електромагнітних хвиль. Вектор Умова-Пойтінга. Осцилятор. Випромінювання електромагнітних хвиль.
13. Передача і прийом радіосигналу. Основні елементи радіопередаючих і радіоприймальних пристроїв. Фізичні основи радіолокації.

ІV. ОПТИКА

1. Швидкість світла. Астрономічні і лабораторні методи вимірювання швидкості світла. Шкала електромагнітних хвиль. Фазова і групова швидкості світла в речовині. Явище Черенкова. Основні фотометричні поняття і одиниці.
2. Принцип суперпозиції. Інтерференція світла. Когерентність. Експериментальне вивчення інтерференції світла. Інтерференційні прилади і їх застосування.
3. Дифракція. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Френеля: круглий отвір і щілина. Дифракція в паралельних променях. Дифракційна ґратка. Поняття про голографію та її застосування.
4. Заломлення і відбивання світла на плоскій границі. Повне відбивання. Центрована оптична система і її кардинальні елементи. Недоліки оптичних систем і методи їх усунення. Дифракційна теорія оптичного зображення. Роздільна здатність мікроскопа і телескопа. Поглинання світла. Закони Бугера і Ламберта-Бугера-Бера.
5. Поляризація світла. Поляризація при заломленні і відбиванні світла на межі діелектрика. Подвійне променезаломлення. Поширення світла в кристалах. Обертання площини поляризації. Штучне подвійне променезаломлення, його застосування. Поляризаційні пристрої. Лінійна, еліптична і колова поляризація. Пластина в чверть хвилі і в півхвилі. Компенсатори. Одержання і аналіз еліптично поляризованого світла.

6. Дисперсія світла. Нормальна і аномальна дисперсія. Методи спостереження. Застосування інтерферометра для спостереження аномальної дисперсії і поглинання. Електронна теорія дисперсії. Молекулярне і комбінаційне розсіювання світла.
7. Магнето- і електрооптика. Явище Керра. Явище Фарадея. Деякі застосування цих явищ.
8. Виникнення квантової теорії світла. Фотоефект. Роботи Столетова, основні закони фотоефекту. Фотоелементи. Внутрішній фотоефект. Фотоелементи з запірним шаром. Фотоопори. Тиск світла. Роботи Лебедева. Люмінесценція, її основні закономірності і деякі застосування. Спонтанне і вимушене випромінювання, коефіцієнти Ейнштейна. Механізми процесів в оптичних квантових генераторах і підсилювачах. Базова будова та принцип роботи гелій-неонового та рубінового лазерів.

У. АТОМНА І ЯДЕРНА ФІЗИКА

1. Будова атома. Досліди Резерфорда по розсіюванню альфа-частинок. Спектральні закономірності. Теорія Бора. Досліди Франка і Герца по визначенню потенціалу збудження атома. Спектр водню, його пояснення.
2. Рентгенівські спектри. Електронні оболонки атома. Магнітний і механічний момент електронів. Квантові числа. Принцип Паулі. Періодична система елементів Менделєєва і її пояснення.
3. Радіоактивність. Закони радіоактивного розпаду. Радіоактивні сімейства. Методи спостереження елементарних частинок. Іонізаційна камера, лічильник Гейгера, камера Вільсона, її застосування в магнітному полі по методу Скобельцина, метод фотопластинок Мисовського-Жданова.
4. Елементарні частинки: протони, нейтрони, електрони, позитрони, гіперони, античастинки та ін. Поняття про кварки та глюони. Кваркова структура адронів.
5. Прискорювачі заряджених частинок. Прямі і непрямі методи прискорення: циклотрон, бетатрон, фазотрон, синхрофазотрон. Лінійні прискорювачі. Прискорювачі на зустрічних пучках.
6. Будова атомного ядра. Ізотопи, ізобари, ізомери. Мас-спектрограф. Методи розділення ізотопів. Енергія зв'язку частинок в ядрі. “Дефект” маси ядер.
7. Основні ядерні реакції: розщеплення ядер зарядженими частинками, нейтронами. Ядерний фотоефект. Поділ ядер. Відкриття Флеровим і

Петржаком самовільного поділу. Штучна радіоактивність і її використання в різних галузях науки і техніки.

8. Проблема використання внутріядерної енергії та успіхи вітчизняних вчених в цій галузі. Ланцюжкові ядерні реакції поділу. Термоядерні реакції. Використання ядерних реакцій в мирних цілях.

9. Космічні промені. М'ягка і жорстка компоненти. Взаємодія надшвидкої частинки з речовиною Електронно-фононні і електронно-ядерні зливи. Походження космічних променів.

УІ. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПОЛЯ

1. Принцип відносності. Швидкість поширення взаємодій. Інваріантність інтервалу. Перетворення Лоренца. Власний час. Додавання швидкостей. Чотиривимірні вектори і тензори. Чотиривимірні швидкості і прискорення.

2. Релятивістська механіка вільної частинки. Принцип найменшої дії. Функція Лагранжа. Енергія та імпульс.

3. Закон електромагнітної індукції. Соленоїдальність магнітного поля. Закон повного струму. Струм зміщення. Чотиривимірний вектор густини струму і його перетворення. Чотиривимірна форма рівняння Максвела. Функція Лагранжа для поля. Тензор енергії – імпульсу. Закон збереження енергії для поля. Вектор густини потоку енергії.

4. Закон Кулона. Енергія зарядів. Дипольний момент. Система зарядів у зовнішньому полі. Постійне магнітне поле. Магнітний момент. Теорема Лармора. Вивчення зарядів, що рухаються.

5. Електромагнітні хвилі, хвильове рівняння, плоскі хвилі. Монохроматична плоска хвиля. Ефект Доплера. Поляризація.

6. Електростатика в матеріальних середовищах. Діелектрики і провідники. Основні рівняння електростатики. Діелектричний шар в однорідному полі. Конденсатори. Енергія поля.

УП. КВАНТОВА МЕХАНІКА

1. Основні експериментальні факти, що привели до створення квантової механіки. Хвильова функція її фізичний зміст, умови нормування. Статистична інтерпретація квантової механіки. Принцип суперпозиції. Середні значення фізичних величин. Оператори і їх властивості. Умови одночасної вимірюваності величин. Співвідношення невизначеностей. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Перехід до класичної механіки.

2. Хвильове рівняння. Похідні фізичних величин по часу. Інтеграл руху. Енергія. Імпульс. Момент імпульсу.
3. Стаціонарні стани. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів. Хвильова функція стаціонарного стану. Вільний рух частинок. Стан з визначеним імпульсом. Потенціальна яма. Тунельний ефект. Квазікласичне наближення для одномірного руху.
4. Рух частинок в полі з центральною симетрією. Рівняння для радіальної хвильової функції. Рух в кулонівському полі. Атом водню. Орбітальний магнітний момент.
5. Тотожність однакових частинок. Симетричні і антисиметричні стани. Частинки Бозе і частинки Фермі. Хвильові функції систем однакових частинок. Поняття про проблеми багатьох тіл. Адіабатичне наближення. Метод Хартрі-Фока. Молекула водню.
6. Теорія збурень. Поправки першого і другого порядків до значень енергії.

ЗАГАЛЬНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБОВУВАННЯ

Бали	Характеристика відповіді
180 -200	Заслуговує вступник, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, розуміє взаємозв'язок головних понять дисциплін та їх значення для науково-професійної діяльності. Виявляє правильне розуміння фізичного змісту розглядуваних явищ і закономірностей, законів і теорій, дає точне визначення і тлумачення основних понять, а також правильне визначення фізичних величин, будує відповідь за власним планом, супроводжує розповідь власними прикладами, вміє застосувати знання в новій ситуації, при виконанні практичних завдань; може встановити зв'язок між матеріалом, що вивчається в курсах загальної й теоретичної фізики. Здобувач дав повні відповіді на питання.
160-179	Заслуговує вступник, що виявив повне знання програмового матеріалу, розкрив зміст питань, але відповіді є неповними, що пов'язане з випущенням або нерозумінням одного-двох положень, постулатів, принципів, із висвітленням практичного або прикладного їх застосування.
	Заслуговує вступник, що виявив повне знання програмового матеріалу, проявив систематичний характер знань з

140-159	дисциплін і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив неточності і помилки, що пов'язане з випущенням або нерозумінням одного-двох положень, постулатів, принципів, із висвітленням практичного або прикладного їх застосування.
120-139	Заслуговує вступник, що допустив помилки у відповіді на екзамені, ним лише відтворено основні постулати й принципи, на яких ґрунтується зміст відповідей із частковим математичним виведенням та фрагментарним описом окремих елементів теорії, без висвітлення практичного або прикладного її застосування.
100-119	Заслуговує вступник, який допустив грубі помилки у відповіді на екзамені, має фрагментарні знання, відповідь є нелогічною, містить не зв'язані фрагментарні відомості, які не дозволяють судити про розуміння суті відповіді.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Слободянюк О. В. Механіка: підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016.– 478 с.
2. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики. Кн.1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Вища школа, 2002. – 377 с.
3. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики.Т. 1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. – 2-ге вид., випр - К.: Техніка, 2006. - 537 с.
4. Кучерук І.М., Горбачук І.І., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Т. 2. Електрика і магнетизм. – К.: Техніка, 2001. – 229 с.
5. Дідух Л. Електрика та магнетизм. Підручник. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2020. – 464 с.
6. Гуменюк А.Ф. Електрика та магнетизм. Навчальний посібник. – К.: Четверта хвиля, 2008. – 506 с.
7. Кучерук І. М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.3. Оптика. Квантова фізика. - К. : Техніка, 2006 – 520 с.
8. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф. Курс фізики. Кн.1. Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм. – К.: Либідь, 2001. – 376 с.

9. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики. Кн. 3. Оптика. Фізика атома та атомного ядра. Навч. посіб. – К.: Вища школа, 2003. – 311 с.
10. Булавін Л.А., Тартаковський В.К. Ядерна фізика. Підручник, 2-е видання, перероблене і доповнене. – К.: Знання, 2005. – 439 с.
11. Ніцук Ю.А. Ядерна фізика. - Одеса. 2008.-168 с.
12. Багацька О.В., Бутрим О.Ю., Колчигін М.М. та ін. Теоретична електродинаміка: підручник. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 414 с.
13. Ситенко О.І., Тартаковський В.К. Теорія ядра: Навч. посібник. – К.: Либідь. – 2000. – 607 с.
14. Юхновський І.Р. Основи квантової механіки: Навч. посібник. – 2-ге вид., перероб і доп. – К.: Либідь, 2002. – 392 с.
15. Венгер Є.Ф., Грибань В.М., Мельничук О.В. Основи теоретичної фізики: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 2011. – 429 с.
16. Коновал О.А. Основи електродинаміки. Кривий Ріг, «Видавничий дім», 2008.- 347 с.
17. Вакарчук І.О. Квантова механіка: підручник. 4-те вид., доп. — Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2012. — 872 с.
18. Бродин О.М. Теоретична фізика. Квантова механіка: навчальний посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 233 с.
19. Білий М.У., Охріменко Б.А. Атомна фізика: Підручник. – К.: Знання, 2009.- 559с. – (Класична і сучасна фізика).
20. Білинський І. Теорія ядра та процеси в ньому. Фізика атомного ядра: Навчальний посібник. – Дрогобич: Видавничий відділ ДДПУ ім. І. Франка, 2021. – 75 с
21. Сапожников І.С. Фізика. Основи квантової фізики та ядерної фізики. – Житомир: ЖВІРЕ, 2006. - 212 с.
22. Дудик, М. В., Діхтяренко Ю. В. Електродинаміка: навч. посібник для студ. ВНЗ фізико-математичних спеціальностей; [курс лекцій для студ.– Умань: Жовтий О. О., 2015. – 120 с.
23. Іванов В.О., Габрусенко Є. І., Сібрук Л. В. Теорія електромагнітного поля; Нац. авіац. ун-т. - Київ: НАУ, 2017. - 334 с.

Голова предметної комісії зі спеціальності

Е5 «Фізика та астрономія»

ОКР «Доктор філософії»

Юліан ВИСОЧАНСЬКИЙ