

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»



Затверджую

Голова Приймальної комісії

Ректор

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

28.03.2025 р.

дата

ПРОГРАМА

додаткового вступного іспиту зі спеціальності
для вступу на освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії
«Фізика»

за спеціальністю E5 Фізика та астрономія

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за спеціальністю

E5 Фізика та астрономія

Протокол № 2 від 24 березня 2025 р.

Голова НМКУ

Сергій РЕШЕТНЯК

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД.....	3
1.1. Перелік розділів та тем, які виносяться на іспит зі спеціальності.....	3
1.2. Порядок проведення іспиту.....	9
1.3. Допоміжні матеріали для складання іспиту.....	9
1.4. Рейтингова система оцінювання (РСО).....	9
2. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ.....	10
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	10

ВСТУП

Додаткове вступне випробування на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності Е5 Фізика та астрономія проводиться для тих вступників, які мають ступінь магістра¹, здобутий за іншою спеціальністю.

Дисципліни, зміст яких входить до програми екзамену, належать до циклу дисциплін загальної фізики. Це такі дисципліни, як «Загальна фізика. Механіка», «Загальна фізика. Молекулярна фізика», «Загальна фізика. Електрика та магнетизм», «Загальна фізика. Оптика», «Загальна фізика. Фізика атома», «Фізика ядра та елементарних частинок». Метою проведення даного екзамену є перевірка навичок та вмінь вступників щодо визначення фізичних характеристик процесів, знання основних принципів і законів фізики та їх математичного вигляду, методів спостереження і експериментального дослідження основних фізичних явищ; наявність уявлення про межі застосування фізичних моделей і теорій.

Вступники повинні з повним розумінням знати фундаментальні закони фізики і методи їх досліджень, вміти застосовувати ці знання при розгляді окремих явищ, поєднувати їх фізичну суть з аналітичними співвідношеннями, вміти поєднувати макроскопічні явища з їх мікроскопічним механізмом; вміти використовувати знання з курсів загальної та теоретичної фізики, а також фізики твердого тіла при вивченні інших дисциплін за фахом.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми «Фізика» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці приймальної комісії КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://pk.kpi.ua/entry-phd>.

1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

1.1. Перелік розділів та тем, які виносяться на іспит зі спеціальності

1. Механіка.

- 1.1 Імпульси матеріальної точки та механічної системи. Центр мас механічної системи. Особливості руху центру мас замкненої механічної системи. Закон збереження імпульсу.
- 1.2 Реактивний рух. Формула Мещерського залежності швидкості ракети від маси.

¹ Відповідно доп.2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

- 1.3 Прискорений рух по кривій траєкторії. Тангенціальне та нормальне прискорення. Вектор повороту, вектор кутової швидкості. Рівномірний рух по колу (період та частота обертання, доцентрове прискорення).
- 1.4 Сила та її вплив на матеріальні тіла. Другий та третій закони Н'ютона. Незамкнена система. Розмірності фізичних величин.
- 1.5 Потенціальна енергія матеріальної точки. Робота потенціальних сил при переміщенні матеріальної точки. Зв'язок між силою, що діє на частинку, та її потенціальною енергією.
- 1.6 Кінетична енергія матеріальної точки. Закон збереження енергії замкненої механічної системи. Потужність.
- 1.7 Границі руху. Фінітний та ін фінітний рухи. Потенціальна яма, потенціальний бар'єр. Точки розвороту, точки спокою. Стійка та нестійка рівновага.
- 1.8 Момент імпульсу матеріальної точки та механічної системи. Закон збереження моменту імпульсу. Момент сили. Плече імпульсу, плече сили.
- 1.9 Закони збереження імпульсу та моменту імпульсу замкненої системи, як прояви однорідності та ізоtropії простору.
- 1.10 Властивості гравітаційного поля. Сила гравітаційної взаємодії двох матеріальних точок. Вектор напруженості гравітаційного поля. Потенціал гравітаційного поля. Напруженість гравітаційного поля біля поверхні Землі.
- 1.11 Рівняння руху твердого тіла. Правила важелів Архімеда.
- 1.12 Рух в неінерційній системі. Доцентрова сила, сила Коріоліса.
- 1.13 Елементи механіки рідин. Рівняння Ейлера.
- 1.14 Гідростатика. Закони Архімеда та Паскаля. Принцип дії гідравлічного пресу.

2. Молекулярна фізика.

- 2.1 Ідеальний газ. Тиск ідеального газу, його зв'язок із середньоквадратичною швидкістю молекул.
- 2.2 Відхилення газів від ідеальності. Сили взаємодії між молекулами – орієнтаційні, індукційні, дисперсійні. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
- 2.3 Барометрична формула і дослід Перрена. Закон Больцмана.
- 2.4 Розподіл молекул по компонентах швидкості. Розподіл Максвелла. Найімовірніша швидкість молекул. Середня швидкість молекул.
- 2.5 Поняття функції розподілу молекул по швидкостях $f(v)$. Обчислення середньої швидкості і середньоквадратичної швидкості з використанням функції розподілу $f(v)$.
- 2.6 Поняття оборотних і необоротних процесів. Розширення ідеального газу в порожнечу.

- 2.7 Ентропія як функція стану термодинамічної системи. Ентропія при оборотних процесах в замкнутій системі.
- 2.8 Ентропія при необоротних процесах в замкнутій системі, закон зростання ентропії.
- 2.9 Внутрішня енергія ідеального газу. Кількість теплоти і його механічний еквівалент. Перший закон термодинаміки.
- 2.10 Теплоємність ідеальних газів (c_v , c_p). Закон рівнорозподілу. Теплоємність одно-, дво- і триатомних газів.
- 2.11 Взаємні перетворення механічної і теплової енергії при циклічному процесі. Коефіцієнт корисної дії теплової машини.
- 2.12 Другий закон термодинаміки. Цикл Карно. ККД цього циклу.
- 2.13 Холодильна машина. Перша теорема Карно (ККД необоротного циклу менше ККД циклу Карно). Друга теорема Карно (ККД машини Карно не залежить від роду робочого тіла).
- 2.14 Фізичний зміст ентропії, ентропія и ймовірність. Ентропія і безлад. Третій закон термодинаміки.
- 2.15 Осмотичний тиск, закон Вант-Гофа (роль осмосу в живих організмах і рослинах).
- 2.16 Адіабатний процес, рівняння стану.
- 2.17 Рідини – поверхневі сили, умова рівноваги на межі розділу двох середовищ, крайовий кут.
- 2.18 Явища переносу- середнє число зіткнень в одиницю часу і довжина вільного пробігу молекули. Поняття ефективного перерізу частинки.
- 2.19 Стаціонарна дифузія в газах, обчислення коефіцієнту дифузії.

3. Електрика та магнетизм.

- 3.1 Принцип суперпозиції для електричного поля.
- 3.2 Потенціал, напруженість електричного поля, одиниці вимірювання напруженості електричного поля.
- 3.3 Теорема Гауса для електричного поля в вакуумі (інтегральна і диференціальна форми).
- 3.4 Потенціал і різниця потенціалів. Потенціальний характер електричного поля.
- 3.5 Зв'язок потенціалу електричного поля φ з напруженістю електричного поля $\vec{E}$.
- 3.6 Закон Кулона.
- 3.7 Провідники в електричному полі. Ємність провідника. Граничні умови на поверхні провідника.
- 3.8 Електрорушійна сила (ЕРС). Одиниці вимірювання ЕРС.
- 3.9 Постійний струм. Сила і густина струму. Закон збереження заряду і рівняння неперервності.
- 3.10 Правила Кірхгофа.

- 3.11 Закон Біо-Савара-Лапласа.
- 3.12 Теорема про циркуляцію магнітного поля (інтегральна і диференціальна форми).
- 3.13 Лінійні магнітні середовища (діа- та парамагнетики). Магнітна сприйнятливість χ і магнітна проникність μ .
- 3.14 Момент сил $\vec{M}$, що діють на контур із струмом в магнітному полі індукцією $\vec{B}$.
- 3.15 Магнітний потік. Коефіцієнти самоіндукції і взаємоіндукції. Індуктивність тороїдальної котушки.
- 3.16 Електромагнітна індукція. Правило Ленца для напрямку індукційного струму.
- 3.17 Граничні умови для електростатичного поля на межі двох діелектриків. Матеріальні рівняння.
- 3.18 Система рівнянь Максвела в інтегральній та диференціальній формі. Фізичний зміст рівнянь Максвела.
- 3.19 Хвильове рівняння. Плоскі електромагнітні хвилі в однорідному середовищі. Швидкість розповсюдження.
- 3.20 Енергія електромагнітного поля. Потік енергії. Вектор Пойнтінга. Тиск випромінювання. Імпульс електромагнітного поля.

4. Оптика.

- 4.1 Хвильова природа світла. Рівняння електромагнітної хвилі. Властивості та параметри електромагнітної хвилі. Інтенсивність світла.
- 4.2 Монохроматичні хвилі. Енергія, що переноситься електромагнітною хвилюю.
- 4.3 Фотометрія. Основні поняття та одиниці вимірювання (потік променевої енергії, сила світла, освітленість, яскравість та світимість джерела). Ламбертові джерела.
- 4.4 Поняття про когерентність. Фронт хвилі. Інтерференція електромагнітних хвиль. Рівняння для інтенсивності та умови мінімумів і максимумів інтерференційної картини.
- 4.5 Ширина інтерференційної смуги. Класичні інтерференційні схеми (дослід Юнга, дзеркало Ллойда, біпризма Френеля, білінза Бійє, інтерферометр Майкельсона, інтерферометр Фабрі-Перо).
- 4.6 Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Зонна пластинка.
- 4.7 Дифракція електромагнітних хвиль. Види дифракції. Дифракція Фраунгофера від щілини. Дифракційна картина. Умови мінімумів та максимумів.
- 4.8 Інтенсивність світла у дифракційній картині від щілини.

- 4.9 Дифракційна ґратка. Інтенсивність світла у дифракційній картині від ґратки. Вид дифракційної картини. Умови мінімумів та максимумів.
- 4.10 Поняття про голографію. Голографія плоскої хвилі. Голограми Френеля.
- 4.11 Поляризація світла. Ступінь поляризації. Природне світло. Види поляризації.
- 4.12 Відбиття та заломлення на межі двох діелектриків. Формули Френеля.
- 4.13 Наслідки з формул Френеля. Кут Брюстера. Закон Малюса.
- 4.14 Обертання площини поляризації. Природне обертання. Ефект Фарадея. Теорія обертання.
- 4.15 Явище подвійного променезаломлення. Звичайні та незвичайні хвилі. Поляризація при подвійному променезаломленні. Дихроїзм.
- 4.16 Дисперсія світла.
- 4.17 Зв'язок між фазовою та груповою швидкостями. Поглинання світла. Закон Бугера.

5. Фізика атома.

- 5.1 Теплове випромінювання. Закон Стефана-Больцмана. Рівняння Кірхгофа. Формула Планка для випромінювальної здатності абсолютно чорного тіла. Гіпотеза Планка для теплового випромінювання.
- 5.2 Корпускулярна природа світла. Зовнішній фотоефект. Рівняння Ейнштейна. Червона границя фотоефекту. Гальмівне рентгенівське випромінювання.
- 5.3 Корпускулярна природа світла. Ефект Комптона. Досліди та отримання рівняння.
- 5.4 Ядерна модель атому (атом Резерфорда). Досліди Резерфорда. Переріз розсіювання.
- 5.5 Спектр атома водню. Спектральні серії. Узагальнена формула Бальмера. Постулати Бора.
- 5.6 Теорія Бора для атома водню.
- 5.7 Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля. Досліди для підтвердження хвильових властивостей елементарних частинок. Статистична інтерпретація хвилі де Бройля.
- 5.8 Хвильові властивості частинок. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга (координата-імпульс, енергія-час). Їх експериментальне підтвердження.
- 5.9 Стаціонарне та часове рівняння Шрödінгера.
- 5.10 Наслідки з розв'язків рівняння Шрödінгера для атома водню. Квантування моменту імпульсу. Орбітальне та магнітне квантові числа. Виродження енергетичних рівнів атома .

- 5.11 Магнетизм атомів. Експериментальне визначення магнітного та орбітального моментів атому.
- 5.12 Спін електрона. Досліди Штерна-Герлаха. Магніто-механічні ефекти.
- 5.13 Принцип тотожності однакових частинок. Принцип Паулі.
- 5.14 Спін-орбітальна взаємодія. Тонка структура спектральних термів.
- 5.15 Рассел-саундерівський зв'язок. Правила Хунда. Періодична система хімічних елементів.

6. Фізика ядра та елементарних частинок.

- 6.1 Склад атомних ядер, стабільні та нестабільні атомні ядра. Ізотопи, ізобари та ізотони. Діаграма Сегре.
- 6.2 Радіус атомного ядра та експерименти по дослідженню радіуса атомного ядра.
- 6.3 Енергія зв'язку атомного ядра, дефект маси ядра, надлишок (декримент) маси ядра.
- 6.4 Спін атомних ядер. Ядерний магнетон. Магнітні моменти атомних ядер в залежності від кількості нуклонів в ядрі, гіпотеза Шмідта.
- 6.5 Закон радіоактивного розпаду. Стала радіоактивного розпаду. Види радіоактивного розпаду, закони збереження при радіоактивному розпаді.
- 6.6 Середня тривалість життя радіоактивного ядра. Період напіврозпаду.
- 6.7 Альфа-розпад та умови його протікання як наслідок законів збереження енергії та імпульсу.
- 6.8 Бета-розпад, види бета-розпаду. Застосування формули Вейцеккера для пояснення ліній стабільності.
- 6.9 Гамма-розпад та внутрішня конверсія електронів, особливості переходу атомного ядра із збудженого стану в основний.
- 6.10 Види ядерних реакцій, їх характеристики: ефективний переріз реакції, густина потоку, ймовірність реакції, вихід реакції.
- 6.11 Енергія ядерної реакції, екзотермічна та ендотермічна реакція.
- 6.12 Ядерна реакція з утворенням складеного ядра. Енергетичний поріг реакції, схема реакції.
- 6.13 Термоядерні реакції, проблема керованого термоядерного синтезу.
- 6.14 Особливості ядерних сил. Найпростіше атомне ядро – дейтрон.
- 6.15 Структура нуклона: модель протона та нейтрона, їх магнітні моменти.
- 6.16 Стабільні та нестабільні елементарні частинки. Характеристики елементарних частинок, класифікація частинок.
- 6.17 Види кварків, кваркова модель адрону.

1.2. Порядок проведення іспиту

Додаткове вступне випробування відбувається у вигляді тестування. Кожен з вступників отримує тестове завдання, що складається з 20 питань. На виконання тестового завдання відводиться 60 хв. часу. Після написання роботи предметна комісія перевіряє її та виставляє оцінку згідно з критеріями оцінювання.

Методика проведення іспиту наступна. Члени комісії інформують вступників про порядок проведення та оформлення робіт із додаткового вступного іспиту зі спеціальності, видають вступникам тестові завдання та заздалегідь роздруковані аркуші для відповідей. Надалі в ці аркуші вступники вносять відповіді на тестові питання і наприкінці зазначають дату та ставлять особистий підпис.

На організаційну частину іспиту (пояснення по проведенню, оформленню і критеріям оцінювання іспиту, видачі завдань і аркушів для написання роботи) відводиться 10 хвилин від усього часу іспиту, на відповіді на питання екзаменаційного білету вступнику надається 45 хвилин і на заключну частину (збір білетів і письмових робіт у вступників членами комісії) – 5 хвилин.

Після закінчення етапу написання іспиту, проводиться перевірка відповідей та їх оцінювання всіма членами комісії. Члени предметної комісії приймають спільне рішення щодо виставлення оцінки на відповідь до тестових питань. Ці оцінки виставляються на аркуші з відповідями студента.

Підведення підсумку додаткового вступного іспиту зі спеціальності здійснюється шляхом занесення балів в екзаменаційну відомість. Ознайомлення студента з результатами іспиту проводиться згідно з правилами прийому до університету.

1.3. Допоміжні матеріали для складання іспиту

Під час складання іспиту заборонено використання допоміжної літератури та інших допоміжних матеріалів та засобів.

1.4. Рейтингова система оцінювання (PCO)

Екзаменаційний білет складається з двадцяти тестових питань з фізики.

Кожне з питань оцінюється у 5 балів за такими критеріями:

- вірна відповідь – 5 балів;
- частково вірна відповідь (для питань, які передбачають декілька вірних відповідей) – від 1 до 4 балів;
- невірна відповідь – 0 балів.

Таким чином, згідно з рейтинговою системою оцінювання, за результатами іспиту вступник може набрати від 0 до 100 балів.

Вступники, результати іспиту яких складають від 60 до 100 балів, отримують оцінку "зараховано" і допускаються до складання вступного

іспиту зі спеціальності.

Вступники, результати іспиту яких складають від 0 до 59 балів, отримують оцінку "не зараховано" і не допускаються до участі в наступних вступних випробуваннях і в конкурсному відборі.

2. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Особи, які без поважних причин не з'явилися на вступні іспити у визначений розкладом час, особи, знання яких було оцінено балами нижче встановленого рівня, до участі в наступних вступних іспитах і в конкурсному відборі не допускаються.

2. Перескладання вступних випробувань не допускається.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дімарова, О. В. Загальна фізика. Механіка : модульне навчання : монографія / О.В. Дімарова, В.М. Калита, В.М. Локтев ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 185 с.
1. Горобець Ю., Горобець О., Кучко А., Решетняк С., Красіко А., Мусієнко М. Ніколаєва Т., Юрачківський П., Лосицька Л. Фізика. Механіка. – К.: Хімджест, 2018. – 190 с. (Підручник).
2. Бродин, О. М. Теоретична фізика. Квантова механіка [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Фізика» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» / О. М. Бродин ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,65 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 233 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48871>
3. Кобушкін О.П. Атомна фізика- К., КПІ ім. Ігоря Сікорського 2018
4. Колобродов, В. Г. Хвильова оптика. Частина 1. Електромагнітна теорія світла та інтерференція [Електронний ресурс] : підручник для студентів / КПІ ім. Ігоря Сікорського; В. Г. Колобродов. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,33 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 210 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/20753>
5. Колобродов В.Г. Хвильова оптика. Частина 2. Дифракція і поляризація світла [Електронний ресурс] : підручник для студентів / В. Г. Колобродов ; КПІ ім. І. Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,22 Мбайт). – Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2018. – 230 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23244>
6. Фелінський, Г. С. Загальна фізика : підручник / Г.С. Фелінський ; Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. - Київ : Видавництво "Каравела", 2020. - 655 с.

7. Лекції з механіки : навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей університетів / В. М. Дубовик, В. М. Сухов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 312 с.
8. Теоретична механіка. Навчальний посібник / Укл.: П.К. Штанько, В.Г. Шевченко, О.С. Омельченко, Л.Ф.Дзюба, В.Р. Пасіка, О.М. Поляков / За ред. Штанька П.К. – Запоріжжя: НУ «ЗП», ТОВ «Видавництво «Статус»», 2021. – 463 с.
9. Фізика. Механіка. Молекулярна фізика й термодинаміка: навч. посіб. / А. Г. Бовтрук, Ю. Т. Герасименко, О. В. Грідякіна [та ін.]; за заг. ред. проф. А. П. Поліщука. – К. : НАУ, 2017. – 416 с.
10. Прокопів В.В. Конспекти лекцій з молекулярної фізики. Навчальний посібник – Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2016. – 68 с
11. Електрика та магнетизм : підручник для студентів інженерно-фізичних факультетів / М. О. Азаренков, Л. А. Булавін, В. П. Олефір. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 564 с. (Серія «Підручник з фізики для університетів» : за загальною редакцією Л. А. Булавіна).
12. Л. Д. Дідух Електрика та магнетизм : підручник / Л. Д. Дідух. — Тернопіль : Підручники і посібники, 2020. — 464 с.
13. Оптика : навчальний посібник / А. В. Попов, Р. В. Вовк, В. І. Білецький. – 2-ге вид. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 100 с.
14. Атомна та ядерна фізика : навчально-методичний посібник для студентів нефізичних спеціальностей університетів / В. І. Білецький, Р. В. Вовк, В. Ю. Гресь та ін. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017.– 80 с.
15. Каденко І. М., Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок : підручник. 2-ге вид., переробл. і доповн. Електронна версія. К.-2019, 467 с.
16. І. Білинський Теорія ядра та процеси в ньому. Фізика атомного ядра: Навчальний посібник. – Дрогобич : Видавничий відділ ДДПУ ім. І. Франка, 2021. – 75 с.
17. Клубіс Я. Д. Основи електродинаміки : навч. посібник / Я. Д. Клубіс, Н. М. Шкатуляк. - Одеса : ПНПУ імені К. Д. Ушинського, 2020. - 204 с.
18. Теоретична електродинаміка: підручник /О. В. Багацька, О. Ю. Бутрим, М. М. Колчигін та ін. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. – 412 с
19. Основи квантової механіки. Теорія та практичні завдання : навч.-метод. посіб. / С. С. Апостолов, О. В. Єзерська. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021. – 140 с.
20. Клубіс Я.Д. Шкатуляк Н.М.; Деякі питання квантової механіки. Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського. – Одеса : [б. в.], 2018.
21. Трохимчук П. П. Теоретична фізика. Луцьк: Вежа-Друк, 2017. 256 с

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

д.ф.-м.н., проф., зав. каф. ЗФ  Сергій РЕШЕТНЯК

д.ф.-м.н., доц., зав. каф. ЗФ та МФП  Дарія САВЧЕНКО