

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



Затверджую

Голова Приймальної комісії
Ректор

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

28.03.2025 р.

дата

ПРОГРАМА

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 2025р.

Голова НМКУ

Сергій РЕШЕТНЯК

ЗМІСТ

<u>ВСТУП</u>	3
<u>1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД</u>	3
<u>1.1. Перелік розділів та тем, які виносяться на іспит зі спеціальності</u>	3
<u>1.2. Порядок проведення іспиту</u>	6
<u>1.3. Допоміжні матеріали для складання іспиту</u>	6
<u>1.4. Рейтингова система оцінювання (PCO)</u>	7
<u>1.5. Приклад типового завдання іспиту зі спеціальності</u>	8
<u>2. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ</u>	8
<u>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</u>	9

ВСТУП

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності Е5 Фізика та астрономія проводиться для тих вступників, які мають ступінь магістра¹.

Дисципліни, зміст яких входить до програми екзамену, належать до циклу дисциплін загальної та теоретичної фізики та фізики твердого тіла. 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. Ідеальні кристалічні структури

1.1. Ідеальний кристал. Кристалічна ґратка, базис, елементарна комірка, примітивна комірка, комірка Вігнера-Зейтца.

1.2. Операції симетрії кристалічних структур. Трансляція, точкові операції симетрії, точкова група симетрії.

1.3. Класифікація ґраток Браве та кристалічних структур. Сингонії.

1.4. Індокси Міллера. Положення та позначення площин, напрямків та вузлів елементарної ґратки в кристалі.

1.5. Відбиття рентгенівських променів від атомних площин. Закон Брегга.

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

1.6. Методи дослідження кристалічних структур. Використання електронів, нейтронів, рентгенівських променів для дослідження кристалів. Метод Лауе, метод обертання кристала, метод коливань, метод порошку.

1.7. Обернена ґратка. Об'єм елементарної комірки. Перша зона Бріллюена.

1.8. Періодичний потенціал. Теорема Блоха. Граничні умови Борна–Кармана. Кількість дозволених станів.

2. Коливання ґратки

2.1. Типи зв'язку в кристалах. Метали, іонні кристали, ковалентні кристали, молекулярні кристали. Класична теорія гармонічних коливань. Теплоємність класичного кристала. Закон Дюлонга–Пті. Пружні властивості кристалів.

2.2. Фонони та коливання ґратки. Спектр фононів. Теплоємність кристалів за різних температур. Моделі Ейнштейна та Дебая. Температура Дебая. Фактор Дебая-Уоллера.

2.3. Фонони в металах. Закон дисперсії фононів. Експериментальне визначення закону дисперсії.

2.4. Ангармонічні ефекти. Стала Грюнайзена. Теплопровідність ґратки.

3. Електрони в кристалах

3.1. Електрон в періодичній кристалічній ґратці. Вільний електронний газ Фермі. Поверхня Фермі.

3.2. Методи розрахунку зонної структури. Наближення слабого зв'язку. Енергетичні зони.

3.3. Наближення сильного зв'язку для електронів. Функції Ваньє.

3.4. Огляд додаткових методів розрахунку зонної структури (методів приєднаних плоских хвиль, метод ортогоналізованих плоских хвиль, метод псевдопотенціалу).

3.5. Напівкласична теорія провідності в металах. Ефект Де-Гааза-Ван-Альфена. Визначення поверхні Фермі.

4. Напівпровідникові кристали

4.1. Власна провідність напівпровідників. Концентрація власних носіїв.

4.2. Домішкова провідність напівпровідників. Домішкові стани.

4.3. Напівпровідникові прилади. Принцип дії. Область застосування.

5. Надпровідники

5.1. Феноменологія явища надпровідності. Рівняння Лондонів. Довжина когерентності.

5.2. Електрон-фононна взаємодія в надпровідниках. Ефект Джозефсона.

6. Магнітні властивості кристалів

6.1. Обмінна взаємодія. Парамагнетизм атомних остовів. Формула Ланжевена.

6.2. Феромагнетизм. Антиферомагнетизм. Температура Кюрі. Температура Нееля.

6.3. Магнетизм локалізованих моментів (гайзенбергівські магнетики).

6.4. Магнетизм делокалізованих електронів.

7. Оптичні властивості діелектриків

7.1. Екситони. Слабо зв'язані та сильно зв'язані екситони.

7.2. Фотопровідність. Залежність фотопровідності від потоку фотонів. Коефіцієнт підсилення.

7.3. Люмінесценція. Флюоресценція та фосфоресценція. Вплив активаторів на люмінесценцію.

8. Фазові перетворення в твердих тілах

8.1. Особливості теплоємності при фазових переходах. λ -точка.

8.2. Дифузійні фазові перетворення. Приклади.

8.3. Структурні фазові перетворення: сегнетоелектричний, феромагнітний, тощо.

8.4. Мартенситні фазові перетворення.

9. Дефекти в кристалах

9.1. Точкові дефекти – атоми заміщення, атоми проникнення, вакансії.

9.2. Дислокації, двійникові границі, дефекти пакування. Вектор Бюргерса.

9.3. Границі зерен з малим кутом разорієнтування. Модель Бюргерса.

10. Експериментальні методи фізики твердого тіла

10.1. Дослідження структури кристалів методами рентгенографії та електронної мікроскопії.

10.2. Дослідження магнітних структур і фононних спектрів методом нейтронографії.

10.3. Оптичні методи досліджень твердих тіл (спектроскопія).

1.2. Порядок проведення іспиту

Іспит проводиться у вигляді письмової роботи. Екзаменаційний білет складається з двадцяти тестових питань (по 1 балу за кожну вірну відповідь) і двох теоретичних питань з фізики (максимум по 40 балів за кожну відповідь), які передбачають розгорнуті відповіді. На підготовку відповіді відводиться 90 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 вступного іспиту зі спеціальності, видають вступникам екзаменаційні білети з відповідними варіантами та заздалегідь роздруковані аркуші для написання робіт. Надалі в ці аркуші вступники записують письмові відповіді на питання екзаменаційного білету і наприкінці зазначають дату та ставлять особистий підпис.

На організаційну частину іспиту (пояснення по проведенню, оформленню і критеріям оцінювання іспиту, видачі білетів і аркушів для написання роботи) відводиться 10 хвилин від усього часу іспиту, на відповіді на питання екзаменаційного білету вступнику надається 75 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 кожного з питань екзаменаційного білету. Ці оцінки виставляються на аркуші з відповідями студента.

Підведення підсумку 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)

Відповідь вступника оцінюється за 100-бальною шкалою.

При визначенні загального рейтингу вступника сумарний початковий рейтинг за екзамен за 100-бальною шкалою перераховується у 200-бальну шкалу.

Тестове завдання оцінюється в 20 балів. Кожне з двадцяти тестових питань тестового завдання оцінюється в 1 бал за такими критеріями:

- вірна відповідь – 1 бал;
- невірна відповідь – 0 балів.

Друге та третє питання оцінюються у 40 балів кожне за такими критеріями:

37...40	балів за	91...100 %	правильної відповіді
33...36	балів за	81...90 %	правильної відповіді
29...32	балів за	71...80 %	правильної відповіді
25...28	балів за	61...70 %	правильної відповіді
21...24	балів за	51...60 %	правильної відповіді
17...20	балів за	41...50 %	правильної відповіді
13...16	балів за	31...40 %	правильної відповіді
9...12	балів за	21...30 %	правильної відповіді
5...8	балів за	11...20 %	правильної відповіді
1...4	балів за	5...10 %	правильної відповіді
0	балів за	0...5 %	правильної відповіді

Правильною відповіддю в даному контексті вважається повне і адекватне висвітлення питання згідно з Програмою іспиту зі спеціальності.

У відповідях на теоретичні завданнях екзаменаційного білета оцінюють:

- повноту розкриття питання;
- уміння чітко формулювати визначення понять/термінів та пояснювати їх;
- здатність аргументувати відповідь;
- аналітичні міркування, порівняння, формулювання висновків;
- акуратність оформлення письмової роботи.

Загальна оцінка за іспит обчислюється як арифметична сума балів за всі три відповіді на запитання екзаменаційного білету. Таким чином, згідно з рейтинговою системою оцінювання, за результатами іспиту вступник може набрати від 0 до 100 балів.

З метою обчислення конкурсного балу вступника результат іспиту зі спеціальності перераховується зі шкали від 0 до 100 балів до шкали, визначеної Порядком прийому на навчання для здобуття вищої освіти

(100...200 балів) згідно з Таблицею відповідності:

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів)
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

Вступники, результати іспиту яких за шкалою PCO складають від 0 до 59 балів, отримують оцінку "незадовільно" і не допускаються до участі в наступних вступних випробуваннях (за наявності) і в конкурсному відборі.

1.5. Приклад типового завдання іспиту зі спеціальності

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Освітній ступінь доктор філософії
Спеціальність Е5 Фізика та астрономія
Освітня програма Фізика
Іспит Вступний іспит зі спеціальності

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БЛЕТ № 1

1. Тестове завдання

2. Методи дослідження кристалічних структур. Використання електронів, нейтронів, рентгенівських променів для дослідження кристалів. Метод Лауе, метод обертання кристала, метод коливань, метод порошку.

3. Власна провідність напівпровідників. Концентрація власних носіїв.

Затверджено на засіданні НМКУ
Протокол № 2 від « 24 » березня 2025 р.

Гарант освітньої програми

Сергій РЕШЕТНЯК

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.

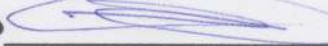
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бірюкович, К. О. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 132 «Матеріалознавство» / Л. О. Бірюкович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,44 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 234 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25313>
2. Фізика електронних процесів [Електронний ресурс] : підручник / В. О. Москалюк, В. І. Тимофєєв, Т. А. Саурова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,77 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 323 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41010>
3. Поплавко, Ю. М. Фізика твердого тіла. Т. 1. Структура, квазічастинки, метали, магнетика [Електронний ресурс] : [в 2 т.] : підручник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Мікро- та наносистемна техніка» / Ю. М. Поплавко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,93 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2017. – 416 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/22938>
4. Поплавко, Ю. М. Фізика твердого тіла. Т. 2. Діелектрики, напівпровідники, фазові переходи [Електронний ресурс] : [в 2 т.] : підручник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Мікро- та наносистемна техніка» / Ю. М. Поплавко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,27 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2017. – 379 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/22939>
5. Магнетика в електроніці. Курс лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» освітньої програми «Мікро- та наноелектроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. М. Поплавко, О. В. Борисов, І. П. Голубєва, Ю. В. Діденко. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,44 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 365 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42341>
6. Стріха М. В. Фізика конденсованого середовища : навч. посіб. Київ : КНУ, 2022. 333 с.
7. Конспект лекцій з дисципліни «Кристалографія» для здобувачів освітнього ступеня бакалавра спеціальності 132 «Матеріалознавство» денної форми навчання [Електронний ресурс] / [Упоряд. : С.О. Колінько., Т.І. Бутенко, Ващенко В.А.]; Мво освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2020. – 99 с. <http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/3510>
8. Конспект лекцій з дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» для здобувачів освітнього ступеня бакалавра спеціальності 132 «Матеріалознавство» денної форми навчання [Електронний

ресурс] / [Упоряд. : С.О. Колінько., Т.І. Бутенко, Ващенко В.А.]; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2021. – 175 с. <http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/3947>

9. Строїтелева Н.І., Кісельов Є.М. Фізика твердого тіла. Навчальний посібник – ЗДІА, Запоріжжя, 2018. – 145 с.
10. Основи фізики напівпровідників: підруч. для студ. вищ. навч. закл.: у 2 т. / О. В. Третяк, В. З. Лозовський. - К. : Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка, 2007 . - ISBN 966-594-871-7. Т. 1. - К.:2007. - 338 с.
11. С. Kittel. Introduction to Solid State Physics. – John Willy & Sons inc., 2005. – 680 р.
12. А.Абрикосов. Fundamentals of the Theory of Metals. – Elsevier Sci. Publ., 1988. – 630 р.
13. J.M. Ziman. Electrons and Phonons. – Oxford Univ. Press, 1960. – 554 р.
14. Федорченко А. М. "Теоретична фізика. – Київ:"Вища школа", 1992 р.
15. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. - К.: Техніка, 1999.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

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

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