

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Гарант освітньої  
програми \_\_\_\_\_ Сергій РЕШЕТНЯК

ПОГОДЖЕНО:  
Проректор з навчальної роботи  
Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО \_\_\_\_\_  
М.П.

« \_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ » 2022 р.

« \_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ » 2022 р.

**ПРОГРАМА  
ВСТУПНОГО ІСПИТУ  
ДЛЯ ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ  
за спеціальністю 104 Фізика та астрономія  
освітньо-наукова програма «Фізика»**

*Програму рекомендовано вченою радою фізико-математичного факультету.*

Київ – 2022

## ЗМІСТ

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	3
II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ .....	4
III. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ.....	6
IV. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА .....	8
V. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ .....	9

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 104 «Фізика та астрономія» проводиться для тих вступників, які мають ступінь магістра<sup>1</sup>.

Освітня програма «Фізика» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. В наш час вища школа повинна вирішувати задачу підсилення фундаментального характеру освіти науковців. Фізика знаходиться в першому ряді фундаментальних дисциплін разом з математикою, хімією та ін. Разом з фундаментальністю освіти для спеціаліста важливе значення має вміння ефективно використовувати результати фізичних досліджень для прискорення науково-технічного прогресу.

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.

Вступне випробування відбувається у вигляді усного екзамену. Кожен з вступників отримує білет, в якому міститься три теоретичних питання з фізики. На підготовку відповіді відводиться 90 хв. часу.

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

---

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

## **II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ**

### **1. Ідеальні кристалічні структури**

1.1. Ідеальний кристал. Кристалічна гратка, 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. Індеси Міллера. Положення та позначення площин, напрямків та вузлів елементарної ґратки в кристалі.

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

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 (гайзенберґівські 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.  $\lambda$ -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 розорієнтування. 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).

## **III. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ**

### **1. Допоміжні матеріали.**

На екзамені не допускається користування додатковою літературою.

## **2. Критерії оцінювання.**

Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань з фізики. Відповідь вступника оцінюється за 100-бальною шкалою. При визначенні загального рейтингу вступника початковий рейтинг за екзамен перераховується у 200-бальну шкалу.

Кожне з перших двох питань оцінюється у 30 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 27-30 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 23-26 балів;

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 18-22 бали;

- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Третє питання оцінюється у 40 балів за такими критеріями:

- ««відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 36-40 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 30-35 балів;

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 24-29 балів;

- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Сума набраних балів	Оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до 200- бальної шкали згідно з таблицею:

Таблиця відповідності оцінок рейтингової системи оцінювання (PCO, 60...100) балам 200-бальної шкали (100...200)

Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

#### IV. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА

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

Освітній ступінь третій (освітньо-науковий)

Спеціальність 104 Фізика та астрономія

Навчальна дисципліна Вступний іспит

**ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 20**

1. Ангармонічні ефекти. Стала Грюнайзена. Теплопровідність ґратки.

2. Феромагнетизм. Антиферомагнетизм. Температура Кюрі. Температура Нееля.

3. Дослідження структури кристалів методами рентгенографії та електронної мікроскопії.

Затверджено на засіданні Вченої ради фізико-математичного факультету.

Протокол № 2 від « 22 » лютого 2022 р.

Гарант освітньої програми

Сергій РЕШЕТНЯК

Київ 2022



## **V. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ**

1. C. Kittel. Introduction to Solid State Physics. – John Willy & Sons inc., 2005. – 680 p.
2. A. Abrikosov. Fundamentals of the Theory of Metals. – Elsevier Sci. Publ., 1988. – 630 p.
3. J.M. Ziman. Electrons and Phonons. – Oxford Univ. Press, 1960. – 554 p.
4. Поплавко Ю. М. Фізика твердого тіла : підручник. В 2-х томах. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017.
5. Федорченко А. М. 'Теоретична фізика. – Київ: "Вища школа", 1992 р.
6. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. - К.: Техніка, 1999.

### **РОЗРОБНИК:**

*Решетняк Сергій Олександрович, д.ф.-м.н., проф., завідувач кафедри загальної фізики*

**Програму рекомендовано**

вченою радою фізико-математичного факультету

Голова вченої ради \_\_\_\_\_

Олег КЛЕСОВ

протокол № 2

від «22» 02. 2022 р.