

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник голови приймальної  
комісії, проректор з науково-  
педагогічної роботи Харківського  
національного університету  
імені В. Н. Каразіна

---

Олександр ГОЛОВКО

**ПРОГРАМА**

**додаткового іспиту за спеціальністю для вступників  
на навчання для здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю Е5 Фізика та астрономія**

Харків – 2025

**Інформація про ЕЦП**


**Службова записка**

№ документа <b>0102-110</b>	Дата реєстрації <b>22.03.2025</b>
Документ зареєстровано у картотеці: <b>Внутрішня</b>	Стислий зміст: <b>Програма додаткового іспиту за спеціальністю для вступників на навчання для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю Е5 Фізика та астрономія</b>
Усього підписано файлів: <b>1</b>	Усього накладено цифрових підписів: <b>1</b>

\* Програма додаткового іспиту з фізики 2025.pdf (1) 21.03.2025 9:32:05

Підписів:1

**Перелік цифрових підписів**

ПІБ, посада	Підписант, дата та час підпису	Інформація про підпис
Олександр ГОЛОВКО, Проректор з науково-педагогічної роботи	Підписано: ГОЛОВКО ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ, проректор з науково-педагогічної роботи 22.03.2025 09:36:15	

**Зміст**  
**програми додаткового іспиту за спеціальністю для вступників на**  
**навчання для здобуття ступеня доктора філософії**  
**за спеціальністю Е5 Фізика та астрономія**

Додатковий іспит із спеціальності Е5 Фізика та астрономія зумовлений необхідністю перевірки рівня базових теоретичних знань із різних розділів загальної фізики у вступників до аспірантури, які не мають фахової освіти за цією спеціальністю (галузю знань) і вступають в аспірантуру на основі НРК7.

***МЕХАНІКА***

1. Відносність механічного руху. Тіло відліку. Система відліку. Переміщення матеріальної точки. Шлях. Середня і миттєва швидкості матеріальної точки.
2. Нормальне, тангенціальне і повне прискорення матеріальної точки при криволінійному русі.
3. Кутове переміщення матеріальної точки. Кутова швидкість і кутове прискорення матеріальної точки. Зв'язок між лінійними і кутовими кінематичними характеристиками обертального руху матеріальної точки.
4. Маса тіла. Сила. Перший, другий і третій закони Ньютона. Інерціальні системи відліку. Імпульс тіла. Імпульс сили.
5. Принцип відносності Галілея. Перетворення координат Галілея. Правило додавання швидкостей в класичній механіці.
6. Закон всесвітнього тяжіння. Гравітаційна стала. Напруженість і потенціал гравітаційного поля. Вага тіла. Невагомість.
7. Механічна робота. Потужність. Кінетична енергія.
8. Консервативні та неконсервативні сили. Потенціальна енергія. Зв'язок між консервативною силою і потенціальною енергією. Закон збереження механічної енергії системи.
9. Момент сили і момент імпульсу матеріальної точки відносно нерухомої точки (осі).
10. Система матеріальних точок. Центр мас системи матеріальних точок і закон його руху. Закон зміни імпульсу системи матеріальних точок. Закон збереження імпульсу системи матеріальних точок.
11. Зіткнення тіл. Абсолютно пружний і абсолютно непружний удари.
12. Рух тіла, маса якого змінюється. Рівняння Мещерського. Формули Цюлковського.
13. Неінерціальні системи відліку. Сила інерції, яка виникає в неінерціальних системах відліку, що рухаються прямолінійно зі сталим прискоренням.
14. Відцентрова сила інерції. Сила Коріоліса.
15. Обертальний рух твердого тіла. Момент інерції твердого тіла. Теорема Гюйгенса-Штейнера.

16. Основний закон динаміки обертального руху твердого тіла. Закон збереження моменту імпульсу твердого тіла.
17. Робота сил і потужність при обертальному русі твердого тіла. Кінетична енергія обертального руху твердого тіла.
18. Поступальний і плоский рухи твердого тіла. Миттєва вісь обертання. Кінетична енергія плоского руху твердого тіла.
19. Механічні гармонічні коливання і їх кінематичні характеристики: амплітуда коливань, колова (циклічна) частота, фаза, початкова фаза, період, частота коливань.
20. Гармонічний осцилятор. Рівняння гармонічного осцилятора. Енергія гармонічного осцилятора.
21. Період коливань пружинного маятника.
22. Період коливань математичного маятника.
23. Період коливань фізичного маятника.
24. Вільні згасаючі механічні коливання. Декремент згасання, логарифмічний декремент згасання, добротність коливальної системи.
25. Вимушені механічні коливання. Механічний резонанс.
26. Поширення механічних коливань у пружному середовищі. Поздовжні і поперечні хвилі. Основні характеристики пружної гармонічної хвилі: довжина хвилі, хвильовий фронт, хвильова поверхня.
27. Біжучі плоскі і сферичні пружні хвилі. Рівняння плоскої біжучої хвилі.
28. Хвильове рівняння, яке описує поширення пружних хвиль у однорідному ізотропному середовищі.
29. Інтерференція і дифракція пружних хвиль. Стоячі хвилі.
30. Поняття про ідеальну рідину. Стаціонарна течія ідеальної рідини. Лінії і трубки течії. Рівняння нерозривності стискуваної та нестискуваної рідини.
31. Рівняння Бернуллі. Фізичний зміст статичного, динамічного і гідростатичного тисків. Формула Торічеллі.
32. В'язкість (внутрішнє тертя) рідин і газів. Сила внутрішнього тертя. Ламінарна і турбулентна течії. Число Рейнольдса.
33. Рух тіл у рідинах і в газах. Закон Стокса. Підймальна сила.
34. Границі застосування законів класичної механіки. Постулати Ейнштейна.
35. Перетворення Лоренца. Наслідки з перетворень Лоренца. Власний час рухомих тіл. Сповільнення часу і скорочення довжини. Релятивістський закон додавання швидкостей.
36. Релятивістська маса. Основне рівняння релятивістської динаміки.

### ***МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА ТА ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ***

1. Ідеальний газ як модель найбільш простої статистичної системи. Закони ідеальних газів, одержані з експериментів. Рівняння стану Клапейрона-Менделєєва.
2. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії. Статистичне тлумачення тиску і температури. Барометрична формула.
3. Закон Максвелла про розподіл молекул ідеального газу за швидкостями.

4. Середня квадратична, середня арифметична і найбільш ймовірна швидкості молекул ідеального газу.
5. Розподіл Больцмана.
6. Внутрішня енергія, кількість теплоти і робота термодинамічної системи.
7. Розподіл енергії за ступенями вільності.
8. Фізичний зміст першого закону термодинаміки і його різні формулювання.
9. Питома і молярна теплоємності. Рівняння Майєра.
10. Елементарна класична теорія теплоємності ідеального газу.
11. Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона.
12. Політропний процес.
13. Робота і теплоємність ідеального газу при ізотермічному, ізобаричному, ізохоричному, адіабатному і політропному процесах.
14. Оборотний і необоротний процеси. Коловий процес (цикл). Цикл Карно і його коефіцієнт корисної дії.
15. Другий закон термодинаміки і його різні формулювання.
16. Ентропія. Її фізичний зміст і властивості.
17. Статистичне тлумачення другого закону термодинаміки. Закон зростання ентропії.
18. Теорема Нернста.
19. Рівняння стану реальних газів Ван-дер-Ваальса. Ізотерми Ван-дер-Ваальса та їх аналіз. Критична точка.
20. Внутрішня енергія реального газу. Ефект Джоуля-Томсона.
21. Зіткнення молекул газу. Ефективний діаметр молекул. Середня довжина вільного пробігу молекул газу.
22. Дифузія в газах.
23. Внутрішнє тертя в газах.
24. Теплопровідність газів.
25. Співвідношення між коефіцієнтами переносу для ідеальних газів. Їх залежність від тиску і температури.
26. Поверхневий натяг рідини. Кривизна поверхні рідини і додатковий тиск. Формула Лапласа.
27. Взаємодія рідини з поверхнею твердого тіла. Змочування. Капілярні явища.
28. Поняття про фазу. Умова рівноваги фаз Гіббса. Фазові переходи I і II родів. Їхні характерні особливості та приклади.
29. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.
30. Випаровування і кипіння рідин. Плавлення і кристалізація твердих тіл.
31. Діаграма стану однокомпонентної трьохфазної системи. Потрійна точка.

### ***ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ***

1. Електричний заряд. Закон збереження електричного заряду, інваріантність заряду. Закон Кулона.

2. Електричне поле, вектор напруженості електричного поля, принцип суперпозиції.
3. Напруженість електричного поля нерухомого точкового заряду.
4. Теорема Гаусса.
5. Потенціальність електростатичного поля. Теорема про циркуляцію вектора напруженості електричного поля. Потенціал. Зв'язок між напруженістю електричного поля та потенціалом. Адитивність потенціалу.
6. Потенціал електричного поля нерухомого точкового заряду.
7. Рівняння Пуассона і Лапласа.
8. Поле системи нерухомих зарядів на далеких відстанях, дипольний момент.
9. Провідники в електростатичному полі, поле поблизу поверхні зарядженого провідника.
10. Електрична ємність відокремленого провідника та різних конденсаторів.
11. Енергія взаємодії точкових зарядів. Енергія зарядженого конденсатора. Енергія електричного поля і її густина.
12. Дія електричного поля на диполь. Енергія диполя у зовнішньому полі.
13. Поляризація різних типів діелектриків, вектор поляризації. Вектор електричної індукції. Теорема Гаусса для вектора електричної індукції. Діелектрична сприйнятливість. Діелектрична проникність.
14. Сегнетоелектрики. П'єзоелектрики.
15. Електрорушійна сила. Інтегральна та диференціальна форми законів Ома і Джоуля-Ленца для ділянки кола.
16. Закон Ома для замкненого кола. Правила Кірхгофа.
17. Вектор індукції магнітного поля, закон Біо-Савара-Лапласа, принцип суперпозиції магнітних полів.
18. Дія магнітного поля на заряд, що рухається. Сила Лоренца. Закон Ампера.
19. Дія магнітного поля на контур зі струмом. Поняття магнітного моменту. Енергія контуру зі струмом у зовнішньому магнітному полі.
20. Теорема Гаусса для вектора індукції магнітного поля. Теорема про циркуляцію вектора індукції магнітного поля в магнітостатиці.
21. Намагнічування різних магнетиків. Вектор намагніченості. Вектор напруженості магнітного поля. Теорема про циркуляцію вектора напруженості магнітного поля в магнітостатиці. Магнітна сприйнятливість. Магнітна проникність.
22. Гіромагнітне відношення. Досліди Ейнштейна-де Гааза та Барнета.
23. Діамагнетизм, парамагнетизм. Феромагнетизм, закон Кюрі-Вейсса, домени.
24. Умови на границі середовищ для векторів напруженості електричного поля та електричної індукції, векторів індукції магнітного поля і напруженості магнітного поля.
25. Основні положення класичної електронної теорії металів. Закони Ома, Джоуля-Ленца з погляду класичної електронної теорії.
26. Залежність електроопору металів від температури. Явище надпровідності.

27. Електричний струм у рідинах, рухливість іонів, закон Ома для електролітів. Закони електролізу (закони Фарадея).
28. Електричний струм у газах, іонізація молекул газу, рекомбінація іонів. Несамостійний і самостійний розряди. Поняття про плазму.
29. Напівпровідники. Власна та домішкова провідність напівпровідників, донори та акцептори. Залежність провідності напівпровідників від температури.
30. Термоелектрорушійна сила. Ефект Пельтьє. Ефект Томсона.
31. Явище електромагнітної індукції, закон Фарадея. Правило Ленца. Струми Фуко. Явище самоіндукції.
32. Енергія котушки індуктивності зі струмом. Енергія магнітного поля і її об'ємна густина.
33. Рівняння Максвелла в диференціальній та в інтегральній формах.
34. Енергія електромагнітного поля. Рівняння неперервності для потоку енергії електромагнітного поля. Вектор Пойнтинга.
35. Хвильове рівняння в електродинаміці. Фазова швидкість електромагнітних хвиль.
36. Плоскі, сферичні і циліндричні монохроматичні електромагнітні хвилі. Стоячі електромагнітні хвилі.

## **ОПТИКА**

1. Закони геометричної оптики.
2. Тонкі лінзи. Формула тонкої лінзи. Побудова зображень у тонких лінзах.
3. Явище інтерференції світла. Класичні інтерференційні досліди.
4. Просторова та часова когерентність.
5. Оптична різниця ходу. Умови спостереження інтерференційних максимумів і мінімумів. Ширина інтерференційної смуги.
6. Інтерференція світла в тонких плівках. Лінії рівного нахилу. Лінії рівної товщини.
7. Кільця Ньютона.
8. Явище дифракції світла. Принцип Гюйгенса-Френеля.
9. Область дифракції Френеля. Зони Френеля.
10. Область дифракції Фраунгофера.
11. Дифракційна ґратка.
12. Природне світло. Поляризоване світло: лінійна, кругова, еліптична поляризації. Поняття ступеня поляризації світла. Закон Малюса.
13. Формули Френеля.
14. Подвійне променезаломлення. Оптична вісь. Двовісні та одновісні кристали. Звичайний і незвичайний промені.
15. Повертання площини поляризації світла в кристалічних та аморфних тілах і його елементарна теорія. Повертання площини поляризації в магнітному полі.
16. Нормальна та аномальна дисперсії. Класична теорія дисперсії.
17. Поглинання світла. Закон Бугера.

18. Розсіювання світла: розсіювання Релея, Мі, Мандельштама, Бриллюєна, комбінаційне розсіювання.

### ***ФІЗИКА АТОМА ТА АТОМНИХ ЯВИЩ***

1. Теплове випромінювання. Характеристики стану випромінювання. Закон Кірхгофа. Абсолютно чорне тіло.
2. Закон Стефана-Больцмана.
3. Теорема і закон зміщення Віна.
4. Спектральна густина станів. Формула Релея-Джинса.
5. Формула Планка. Стала Планка.
6. Спонтанне та індуковане випромінювання. Формула Планка за Ейнштейном.
7. Флуктуації випромінювання. Корпускулярні й хвильові властивості випромінювання.
8. Фотон. Енергія та імпульс фотона. Фотоефект. Рівняння Ейнштейна.
9. Ефект Комптона. Комптонівська довжина хвилі.
10. Розсіювання  $\alpha$ -частинок атомами. Формула Резерфорда. Планетарна модель атома.
11. Спектральні серії атома водню. Спектральні терми.
12. Постулати Бора. Модель атома Бора-Зоммерфельда.
13. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Хвиля де Бройля (фазова і групова швидкості, правило квантування орбіт).
14. Експериментальні підтвердження хвильових властивостей частинок (досліди Девісона і Джермера, методики Лауе і Дебая-Шерера).
15. Статистичне тлумачення хвиль де Бройля. Фізичні вимірювання і співвідношення невизначеностей.
16. Хвильова функція і рівняння Шредінгера.
17. Спіновий момент імпульсу. Повний момент імпульсу. Експерименти Штерна і Герлаха.
18. Принцип Паулі. Статистики Бозе-Ейнштейна та Фермі-Дірака системи тотожних частинок.
19. Рентгенівські характеристичні спектри. Закон Мозлі.

### ***ФІЗИКА ЯДРА ТА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК***

1. Протонно-нейтронний склад атомних ядер. Розмір ядра, енергія зв'язку та формула Вайцеккера.
2. Ізотопи. Знаходження ізотопів у експериментах Томсона та Астона.
3. Ізмери та їх пояснення Вайцеккером, ізобари.
4. Ядерні сили та їх властивості. Мезонна теорія ядерних сил.
5. Краплинна та оболонкова моделі ядер. Радіоактивний розпад. Час життя та період напіврозпаду.
6.  $\alpha$ -розпад і теорія Гамова та Герні-Кондона.
7.  $\beta$ -розпад і теорія Фермі,  $\gamma$ -випромінювання ядер.
8. Ефект Мессбауера.
9. Ядерні реакції. Ефективний перетин. Поділ ядер.



## Література:

1. Дущенко В. П., Кучерук І. М. Загальна фізика. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Вища школа, 1993. – 431 с.
3. Бушок Г. Ф., Венгер Э.Ф. Курс фізики. У 3 кн. Кн.1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навч. посіб. – К.: Вища школа, 2002. – 375 с.
4. Якібчук П. М., Клим М. М. Молекулярна фізика. Підручник. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2013. – 584 с.
5. Кучерук І. М, Горбачук І. Т. Загальна фізика. Електрика та магнетизм : навчальний посібник . – Київ : Вища школа, 1990. – 367 с.
6. Дідух Л. Д. Електрика та магнетизм: підручник. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2020. – 464 с.
7. Бушок Г. Ф, Венгер Э. Ф. Курс фізики: У 3 кн. Кн 2. Електрика і магнетизм: Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 2003. – 278.
8. Кучерук І. М., Горбачук І. Т. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика. К.: Вища школа, 1999. – 517 с.
9. Стадник В.Й. Оптика: навч. посібн. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008 – 360 с.
10. Кобушкін О.П. Атомна фізика. – К. НТУ У «КП», 2028. – 269 с.
11. Бушок Г.Ф., Венгер Е.Ф. Курс фізики: Навчальний посібник: У 2 кн. Кн 2. Оптика. Фізика атома і атомного ядра. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Либідь, 2001. – 424 с.
12. Каденко І. М., Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок : підручник. 2-ге вид., переробл. і доповн. Електронна версія. К., 2019. – 467 с.
13. Булавін Л.А., Тартаковський В.К. Ядерна фізика: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.:Знання, 2005. – 439 с.
14. Курс фізики. Підручник. / І.Є. Лопатинський, І.Р. Зачек, І.М Кравчук та інші. – Львів : Афіша, 2003. – 376 с.

### **Структура завдання для додаткового іспиту**

Додатковий іспит із спеціальності Е5 Фізика та астрономія проходить у письмовій формі з використанням платформи Moodle. Білет рівнозначного ступеня складності, який отримає кожний із вступників, містить 3 тести відкритого типу, сформульованих у вигляді конкретних питань, наведених у цій програмі.

#### **Критерії оцінювання**

1. Відповідь на кожне з питань білету повинна бути аргументованою, чітко, логічно та послідовно викладеною. За необхідності висновок повинен підсумовувати або узагальнювати викладене.
2. Оцінка за виконання завдань додаткового іспиту зі спеціальності Е5 Фізика та астрономія виставляється за 200 бальною шкалою.
3. Максимальна кількість балів, які може отримати вступник за вичерпну відповідь на 1 та 2 питання білету становить 60 балів.

Максимальна кількість балів, які може отримати вступник за вичерпну відповідь на 3 питання білету становить 80 балів.

4. За результатами складання додаткового іспиту зі спеціальності Е5 Фізика та астрономія вступнику виставляється одна позитивна оцінка за шкалою від 100 до 200 балів (із кроком не менше ніж в один бал) або ухвалюється рішення про негативну оцінку рівня підготовки вступника («незадовільно»).

5. Результати складання додаткового іспиту із спеціальності Е5 Фізика та астрономія не використовуються для розрахунку конкурсного балу, проте вступники, які отримали за цей іспит оцінку «незадовільно», до участі у конкурсному відборі не допускаються.

Голова предметної комісії

\_\_\_\_\_ Володимир ПОЙДА

Затверджено

Приймальною комісією

Харківського національного

університету імені В. Н. Каразіна

(протокол № 2 від "20" березня 2025 р.)

Відповідальний секретар

Приймальної комісії

---

Ганна ЗУБЕНКО