

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії  
Навчально-наукового Фізико-технічного інституту

Директор

Олексій НОВІКОВ



«18» «лютого» 2022 р.

## ПРОГРАМА

**комплексного фахового випробування**

для вступу на освітню програму підготовки магістра

«Прикладна фізика»

*за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали*

Програму рекомендовано:

кафедрою Прикладної фізики

Протокол № 8-2022 від «09» «02» 2022р.

Завідувач

Геннадій МОНАСТИРСЬКИЙ

Київ – 2022

## ВСТУП

Програма комплексного фахового випробування для вступу на освітню програму підготовки магістра «Прикладна фізика» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» складена на основі відповідної бакалаврської освітньої програми.

Програма розроблена згідно з навчальними програмами нормативних навчальних дисциплін.

Комплексне фахове випробування здійснюється в письмовій формі.

Кожне завдання містить три питання:

1. Теоретичне питання з математики.
2. Теоретичне питання з фізики.
3. Практичне питання (задача) з фізики.

Тривалість комплексного фахового випробування – 2 години, перерви немає.

## ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

Перелік теоретичних питань з фізики та математики

### Розділ І. ФІЗИКА

#### Механіка

1. Теорема Ньотер (без виводу). Закони збереження, як наслідок теореми Ньотер.
2. Теорема віріала (з виводом). Приклади застосування.
3. Принцип Гамільтона, рівняння Лагранжа.
4. Динаміка твердого тіла: тензор інерції, рівняння Ейлера.
5. Рівняння Гамільтона. Розв'язок методом канонічних перетворень.
6. Рівняння Гамільтона-Якобі. Приклади застосування.
7. Теорія відносності (принцип відносності, перетворення Лоренца, релятивістська енергія та імпульс).

Рекомендована література:

1. Д. В. Сивухин. Общий курс физики. Механика. Т.1 – М.: Наука, 1979. – 520 с.
2. А. М. Федорченко. Теоретична фізика. Т. 1. Класична механіка і електродинаміка. – Київ: ви-во «Вища школа», 1992. – 535 с.
3. Л. Д. Ландау, Е. М, Лифшиц. Теоретическая физика. Т.1. Механика. – М.: из-во “Наука”, 1973. – 208 с.
4. Ю. Г. Павленко. Лекции по теоретической механике. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 336 с.

## **Електродинаміка**

1. Рівняння Максвелла (в інтегральній і диференціальній формі), як узагальнення експериментальних фактів. Граничні умови, матеріальні рівняння.
2. Основні закони електростатики (в вакуумі та за наявності діелектриків). Магнітне поле в речовині, магнетики (пара-, діа- та ферромагнетики).
3. Електричні заряди та основні властивості (квантування, інваріантність, збереження заряду). Взаємодія електричних зарядів, рух зарядів в електромагнітному полі.
4. Постійний та змінний струм в лінійних колах. Закон електромагнітної індукції Фарадея. Вільні та вимушені коливання в коливальному контурі.
5. Енергія електромагнітного поля, густина потоку енергії, імпульс та момент імпульсу електромагнітної хвилі.
6. Релятивістська інваріантність та чотиривимірне формулювання рівнянь електродинаміки.

Рекомендована література:

1. А. М. Федорченко. Теоретична фізика. Т. 1. Класична механіка і електродинаміка. – Київ: ви-во «Вища школа», 1992. – 535 с.
2. Астахов А. В., Широков Ю. В. – Электромагнитное поле. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 360 с.
3. Л. Д. Ландау, Е. М, Лифшиц. Теоретическая физика. Т.2. Теория поля. М.: из-во “Наука”, 1988.

## **Оптика та хвильові процеси**

1. Інтерференція електромагнітних хвиль (просторова та часова когерентність, інтерферометри та їх застосування).
2. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Френеля та Фраунгофера. Дифракційні елементи (гратка, зонна пластинка, лінзи Френеля). Критерій Релея. Роздільна здатність оптичних приладів.
3. Поляризоване та природне світло, формули Френеля. Подвійне променезаломлення та оптично одноосні кристали, поляризаційні пристрої.
4. Розсіювання світла. Явище Мандельштама-Бріллюєна, комбінаційне розсіювання.
5. Лазери (принцип дії та використання). Голографія.
6. Поширення хвиль в диспергуючому середовищі. Закони дисперсії (приклади), фазова та групові швидкості. Зв'язок дисперсії та поглинання.
7. Поширення хвиль в нелінійному середовищі. Ударні хвилі. Стаціонарні хвилі.
8. Геометрична оптика: основні закони, параксіальна оптика, основні співвідношення ідеальної оптичної системи, кардинальні елементи оптичної системи, побудова ходу променів, оптичні прилади (лупа, мікроскоп, зорова труба).

Рекомендована література:

1. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. – М.: из-во “Наука“, 1970. – 856 с.
2. Д. В. Сивухин. Общий курс физики. Оптика. Т.4 – М.: из-во “Наука”, 1985. – 752 с.

3. А. Н. Матвеев. Оптика. Учеб. пособие для физ. спец. вузов. – М.: Высш. Шк., 1985.– 351 с.
4. І. О. Анісімов. Коливання та хвилі. – К.: «Київський університет», 2009. – 399 с.
5. Виноградова М. Б, Руденко О. В., Сухоруков А. П., Теория волн. М.: из-во “Наука”, 1990.
6. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. – М: Мир, 1977.

### **Квантова фізика**

1. Рівняння Шрьодінгера. Стаціонарні розв’язки. Квазикласичне наближення. Боровська модель атому.
2. Принцип невизначеності Гайзенберга. Невизначеності координата-імпульс та час-енергія. Умови одночасного вимірювання фізичних величин.
3. Принцип тотожності у квантовій механіці. Принцип Паулі. Ферміони та бозони.
4. Кристалічна будова твердого тіла. Енергетичні спектри електронів, фононів, магнонів (хвилі в періодичних структурах та теорема Блоха).
5. Зонна структура твердих тіл. Метали, напівпровідники, діелектрики.
6. Основні типи розпаду ядер. Реакції синтезу та поділення ядер.
7. Типи фундаментальних взаємодій у природі. Їх загальні характеристики. Адрони, лептони, переносники взаємодії. Квантові закони збереження.

Рекомендована література:

1. Кобушкін О. П. Квантова механіка [Електронний ресурс]: навчальний посібник / О. П. Кобушкін; НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – Електронні текстові дані. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 253 с.
2. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.3. Квантовая механика: нерелятивистская теория. – М.: из-во “Наука”, 1974.– 752 с.
3. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – Физика твердого тела. – В 2-х т – М.: Мир. –1979.
4. П. А. М. Дирак. Принципы квантовой механики. – М.: из-во “Наука”, 1979. – 472 с.
5. А. Ярив. Введение в теорию и приложения квантовой механики. – М.: Мир, 1984. – 360 с.
6. А. Садбери. Квантовая механика и физика элементарных частиц. – М.: Мир, 1989. – 488 с.

### **Термодинаміка та статистична фізика**

1. Принципи термодинаміки: нульовий, перший та другий принцип, теорема Нернста. Рівняння стану.
2. Принцип екстремумів і термодинамічна рівновага. Термодинаміка фазових переходів I та II роду.
3. Дисипативні процеси. Явища дифузії, теплопровідності та внутрішнього тертя.

4. Статистичний зміст ентропії та 2-го принципу термодинаміки.
5. Розподіл Гіббса та вивід розподілу Максвелла-Больцмана.
6. Постулати статистичної фізики. Розподіл Гіббса та вивід розподілів Фермі-Дірака, Бозе-Ейнштейна.

#### Рекомендована література

1. Д. В. Сивухин. Общий курс физики. Термодинамика. Т.2 – М.: из-во “Наука”, 1975.  
– 522 с.
2. Базаров Й.П. Термодинамика. - М.: Высшая школа, 1983 (або 1991).– 376 с.
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика Статистическая физика. Часть I 3-е изд., испр. – М.: из-во “Наука”. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1976. – 584 с. (т. V)
4. И. Пригожин, Д. Кондепуди. Современная термодинамика: От тепловых двигателей до диссипативных структур. – М.: Мир. – 2002. – 461 с.

## Розділ II. МАТЕМАТИКА

1. Поняття границі послідовності та функції. Критерій Коші існування границі. Граничний перехід у сумі, добутку, відношенні та у нерівностях. Число  $e$ .
2. Первісна та визначений інтеграл. Теорема Ньютона-Лейбніца. Застосування визначеного інтеграла для знаходження геометричних та фізичних величин (площ, об'ємів, центрів мас, моментів інерції тощо).
3. Поняття числового ряду та його суми. Абсолютна та умовна збіжності. Основні ознаки збіжності числових рядів
4. Степеневі ряди. Ряди Тейлора для найважливіших елементарних функцій
5. Локальні та глобальні екстремуми функції декількох змінних. Умовні екстремуми та алгоритм їх знаходження
6. Основні інтегральні формули аналізу (Гріна на площині, Остроградського – Гаусса та Стокса у просторі)
7. Основні диференціальні операції над векторними та скалярними полями. Інваріантна форма запису цих операцій. Потенціальні та соленоїдальні поля, критерії потенціальності та соленоїдальності
8. Неоднорідні системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Їх розв'язок за допомогою формул Крамера та методу Гаусса
9. Системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Теорема Кронекера – Капеллі. Фундаментальна система розв'язків
10. Лінійні операції над матрицями та множення матриць. Обернена матриця та її знаходження
11. Матриця лінійного оператора та її перетворення при заміні базису. Власні

вектори та власні значення матриці. Алгоритм їх пошуку.

12. Властивості власних векторів та власних значень симетричних матриць. Функції від матриць. Матрична експонента.

13. Лема Жордана. Обчислення невластивих інтегралів за допомогою лишків.

(Інтеграли вигляду  $\int_0^{2\pi} R(\sin x, \cos x)dx$ ,  $\int_{-\infty}^{\infty} R(x)dx$  та  $\text{v.p.} \int_0^{2\pi} f(x) \exp(i\alpha x)dx$ )

14. Дійсна та комплексна форма ряду Фур'є для періодичної функції, формули для знаходження коефіцієнтів.

15. Інтегральне перетворення Фур'є, його дійсна та комплексна форма. Косинус- та синус-перетворення Фур'є.

16. Лінійні диференціальні рівняння 1-ого порядку та рівняння Бернуллі.

17. Диференціальні рівняння типу однорідних та у повних диференціалах.

18. Побудова загального розв'язку однорідного лінійного диференціального рівняння із сталими коефіцієнтами вищого порядку. Знаходження частинних розв'язків для спеціальних правих частин неоднорідних рівнянь.

19. Диференціальні рівняння другого порядку, що припускають його зниження та методи їх розв'язування.

20. Метод Ейлера розв'язку систем лінійних диференціальних рівнянь із сталими коефіцієнтами.

21. Лінійні та квазілінійні рівняння з частинними похідними першого порядку та їх розв'язок.

22. Метод відокремлення змінних на прикладі задачі про коливання струни.

23. Крайові задачі для рівняння Лапласа та Пуассона. Початкова та мішана задача для рівняння теплопровідності та хвильового рівняння.

24. Узагальнені функції та основні операції над ними (лінійні операції, диференціювання, прямий добуток, згортка, перетворення Фур'є).

25. Умовна ймовірність. Поняття дискретної та неперервної випадкової величини. Основні дискретні та неперервні розподіли Бернуллі та Гауса.

Рекомендована література :

1. В.А. Ильин, Э.Г. Позняк. Аналитическая геометрия. – М.: из-во “Наука”, 1988.
2. В. А. Ильин, Э .Г. Позняк. Линейная алгебра. – М.: из-во “Наука”, 1974.
3. И. В. Проскуряков. Сборник задач по линейной алгебре. – М.: из-во “Наука”, 1974.
4. Г. М. Фихтенгольц. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 1,2,3. – М.: из-во “Наука”, 1966.
5. В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. Основы математического анализа. Ч. 1,2. – М.:

из-во “Наука”, 1980.

6. Ю. В. Сидоров, М. В. Федорюк, М. И. Шабунин. Лекции по теории функций комплексного переменного. М.: из-во “Наука”, 1976.

7. А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. Теория функций комплексной переменной. – М.: из-во “Наука”, 1974.

8. М. А. Евграфов и др. Сборник задач по теории аналитических функций. М.: из-во “Наука”, 1972.

9. А. Э. Эльсгольц. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: из-во “Наука”, 1969.

10. А. Н. Тихонов, А. Б. Васильева, А. Т. Свешников.

Дифференциальные уравнения. – М.: из-во “Наука”, 1980.

11. А. Ф. Филиппов. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. – М.: из-во “Наука”, 1985.

12. А. М. Самойленко, С. А. Кривошия, М. О. Перестюк.

Диференціальні рівняння у прикладах і задачах. – К.: ви-во «Вища школа», 1994.

13. А. Д. Вентцель. Курс теории случайных процессов. – М.: из-во “Наука”, 1975.

14. Г. И. Івченко, Ю. И. Медведєв. Математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1984.

15. Теорія ймовірностей. Збірник задач. За загальною редакцією А. В. Скорохода. – К.: ви-во «Вища школа», 1976.

16. Г. И. Івченко, Ю. И. Медведєв, А. В. Чистяков. Сборник задач по математической статистике. – М.: Высшая школа, 1989.

## **ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ**

### **Використання допоміжного матеріалу**

Під час відповідей на теоретичні питання користуватися додатковою літературою забороняється. Для розв’язання задачі дозволяється користуватися калькулятором.

### **Критерії оцінювання комплексного фахового випробування для вступу на освітню програму підготовки магістра «Прикладна фізика» за спеціальністю 105 “Прикладна фізика та наноматеріали”**

Відповідь на кожне теоретичне питання комплексного фахового випробування оцінюється за бальною шкалою за таким порядком:

- 32...34 – правильна, вичерпна відповідь, обсяг виконання 95-100%;
- 29...31 – повна відповідь (містить не менше 85% потрібної інформації);

- 26...28 – достатньо повна відповідь (містить не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності);
- 22...25 – достатня відповідь (містить не менше 65% потрібної інформації або значні неточності);
- 20...21 – неповна, але задовільна відповідь (містить не менше 60% потрібної інформації або окремі помилки);
- 0...19 – незадовільна відповідь.

Оцінювання практичного запитання (задачі) комплексного фахового випробування здійснюється за таким порядком:

- 30...32 – повне (обсяг виконання 95-100%), безпомилкове, відмінне розв’язання завдання;
- 27...29 – повне розв’язання завдання з несуттєвими похибками, містить не менше 85% потрібної інформації;
- 24...26 – розв’язання завдання з похибками, містить не менше 75% потрібної інформації;
- 21...23 – завдання виконане задовільно, з невеликими помилками, містить не менше 65% потрібної інформації;
- 19...20 – завдання виконане задовільно, з помилками, містить не менше 60% потрібної інформації;
- 0...18 – завдання не виконано.

Кінцева кількість балів – сума балів, отриманих за відповіді на кожне з трьох вищезазначених питань. Максимальна кількість балів – 100. Мінімальна кількість балів, що дає право продовжувати участь у конкурсному відборі – 60.

Отримана оцінка перераховується в оцінку за 200-бальною шкалою (100...200) згідно таблиці.

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

Якщо згідно PCO отримано менше 60 балів, оцінка за 200-бальною шкалою прирівнюється до нуля.



### Приклад типового завдання

2. Дійсна та комплексна форма ряду Фур'є для періодичної функції, формули для коефіцієнтів.
3. Енергія електромагнітного поля, густина потоку енергії, імпульс та момент імпульсу електромагнітної хвилі.
4. Задача: На інтерферометр Фабрі – Перо, що складається з двох однакових дзеркал, падає пучок світла з довжиною хвилі  $0,5 \text{ мкм}$ . Інтерференційну картину спостерігають у фокальній площині лінзи діаметром  $D = 2,5 \text{ см}$  з фокусною відстанню  $f = 10 \text{ см}$ , вона має вигляд концентричних кілець. Перше кільце має діаметр  $d = 1 \text{ см}$ . Оцінити максимальну роздільну здатність спектрального приладу в цих умовах.

Розробники програми:



д. ф.-м.н. доцент, Г. Є. Монастирський



к.т.н., В.В. Іванова



к.ф.-м.н. С. М. Пономаренко



к. ф.-м. н., доцент, Г. О. Южакова



ст. викладач, П. О. Наказной