

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Фізико-математичного факультету

Протокол № 1 від 23 лютого 2017 р.

Голова Вченої ради \_\_\_\_\_ В.В.Ванін

М.П.

**ПРОГРАМА**

комплексного фахового випробування для вступу на освітньо-професійну  
програму підготовки магістра  
спеціальності 104 Фізика та астрономія  
поспеціалізації «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів»

Програму рекомендовано кафедрою

Загальної та експериментальної фізики

Протокол № 2 від 20.02.2017

## I. ВСТУП

В наш час вища школа повинна розв'язувати задачу підсилення фундаментального характеру освіти спеціалістів. 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. 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», «Теоретична фізика. Класична механіка», «Теоретична фізика. Електродинаміка», «Теоретична фізика. Квантова механіка». 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; здатність відтворювати фізичні ідеї, кількісно формулювати і вирішувати фізичні задачі, оцінювати порядок фізичних величин; 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 при вивченні інших дисциплін, як загально-інженерних, так і за фахом.

Комплексне фахове випробування відбувається у вигляді письмового екзамену. Кожен з вступників отримує білет, в якому міститься три

теоретичних питань з фізики та одне практичне завдання (задача) з фізики.  
На підготовку відповіді відводиться 90 хв. часу.

## II. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

Програма комплексного фахового випробування містить такі розділи:

### **Розділ 1. Механіка.**

1. Імпульси матеріальної точки та механічної системи. Центр мас механічної системи. Особливості руху центру мас замкненої механічної системи. Закон збереження імпульсу.
2. Реактивний рух. Формула Мещерського залежності швидкості ракети від маси.
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).
4. Сила та її вплив на матеріальні тіла. Другий та третій закони Н'ютона. Незамкнена система. Розмірності фізичних величин.
5. Потенціальна енергія матеріальної точки. Робота потенціальних сил при переміщенні матеріальної точки. Зв'язок між силою, що діє на частинку, та її потенціальною енергією.
6. Кінетична енергія матеріальної точки. Закон збереження енергії замкненої механічної системи. Потужність.
7. Границі руху. Фінітний та інфінітний рухи. Потенціальна яма, потенціальний бар'єр. Точки розвороту, точки спокою. Стійка та нестійка рівновага.
8. Момент імпульсу матеріальної точки та механічної системи. Закон збереження моменту імпульсу. Момент сили. Плече імпульсу, плече сили.
9. Закони збереження імпульсу та моменту імпульсу замкненої системи, як прояви однорідності та ізотропії простору.
10. Властивості гравітаційного поля. Сила гравітаційної взаємодії двох матеріальних точок. Вектор напруженості гравітаційного поля. Потенціал гравітаційного поля. Напруженість гравітаційного поля біля поверхні Землі.
11. Рівняння руху твердого тіла. Правила важелів Архімеда.
12. Рух в неінерційній системі. Доцентрова сила, сила Коріоліса.
13. Елементи механіки рідин. Рівняння Ейлера.
14. Гідростатика. Закони Архімеда та Паскаля. Принцип дії гідравлічного пресу.

### **Розділ 2. Молекулярна фізика.**

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

7. Ентропія як функція стану термодинамічної системи. Ентропія при оборотних процесах в замкнутій системі.
8. Ентропія при необоротних процесах в замкнутій системі, закон зростання ентропії.
9. Внутрішня енергія ідеального газу. Кількість теплоти і його механічний еквівалент. Перший закон термодинаміки.
10. Теплоємність ідеальних газів ( $c_v$ ,  $c_p$ ). Закон рівнорозподілу. Теплоємність одно-, дво- і триатомних газів.
11. Взаємні перетворення механічної і теплової енергії при циклічному процесі. Коефіцієнт корисної дії теплової машини.
12. Другий закон термодинаміки. Цикл Карно. ККД цього циклу.
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).
14. Фізичний зміст ентропії, ентропія и ймовірність. Ентропія і безлад. Третій закон термодинаміки.
15. Осмотичний тиск, закон Вант-Гофа (роль осмосу в живих організмах і рослинах).
16. Адіабатний процес, рівняння стану.
17. Рідини – поверхневі сили, умова рівноваги на межі розділу двох середовищ, крайовий кут.
18. Явища переносу- середнє число зіткнень в одиницю часу і довжина вільного пробігу молекули. Поняття ефективного перерізу частинки.
19. Стационарна дифузія в газах, обчислення коефіцієнту дифузії.

### **Розділ 3. Електрика та магнетизм.**

1. Принцип суперпозиції для електричного поля.
2. Потенціал, напруженість електричного поля, одиниці вимірювання напруженості електричного поля.
3. Теорема Гауса для електричного поля в вакуумі (інтегральна і диференціальна форми).
4. Потенціал і різниця потенціалів. Потенціальний характер електричного поля.
5. Зв'язок потенціалу електричного поля  $\varphi$  з напруженістю електричного поля  $\vec{E}$ .
6. Закон Кулона.
7. Провідники в електричному полі. Ємність провідника. Граничні умови на поверхні провідника.
8. Електрорушійна сила (ЕРС). Одиниці вимірювання ЕРС.
9. Постійний струм. Сила і густина струму. Закон збереження заряду і рівняння неперервності.
10. Правила Кірхгофа.
11. Закон Біо-Савара-Лапласа.
12. Теорема про циркуляцію магнітного поля (інтегральна і диференціальна форми).
13. Лінійні магнітні середовища (діа- та парамагнетики). Магнітна сприйнятливість  $\chi$  і магнітна проникність  $\mu$ .
14. Момент сил  $\vec{M}$ , що діють на контур із струмом в магнітному полі індукцією  $\vec{B}$ .
15. Магнітний потік. Коефіцієнти самоіндукції і взаємоіндукції. Індуктивність тороїдальної котушки.
16. Електромагнітна індукція. Правило Ленца для напрямку індукційного струму.
17. Граничні умови для електростатичного поля на межі двох діелектриків. Матеріальні рівняння.
18. Система рівнянь Максвела в інтегральній та диференціальній формі. Фізичний зміст рівнянь Максвела.

19. Хвильове рівняння. Плоскі електромагнітні хвилі в однорідному середовищі. Швидкість розповсюдження.
20. Енергія електромагнітного поля. Потік енергії. Вектор Пойнтінга. Тиск випромінювання. Імпульс електромагнітного поля.

#### **Розділ 4. Оптика.**

1. Хвильова природа світла. Рівняння електромагнітної хвилі. Властивості та параметри електромагнітної хвилі. Інтенсивність світла.
2. Монохроматичні хвилі. Енергія, що переноситься електромагнітною хвилею.
3. Фотометрія. Основні поняття та одиниці вимірювання (потік променевої енергії, сила світла, освітленість, яскравість та світимість джерела) . Ламбертові джерела.
4. Поняття про когерентність. Фронт хвилі. Інтерференція електромагнітних хвиль. Рівняння для інтенсивності та умови мінімумів і максимумів інтерференційної картини.
5. Ширина інтерференційної смуги. Класичні інтерференційні схеми (дослід Юнга, дзеркало Ллойда, біпризма Френеля, білінзаБіє, інтерферометр Майкельсона, інтерферометр Фабрі-Перо).
6. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Зонна пластинка.
7. Дифракція електромагнітних хвиль. Види дифракції. Дифракція Фраунгофера від щілини. Дифракційна картина. Умови мінімумів та максимумів.
8. Інтенсивність світла у дифракційній картині від щілини.
9. Дифракційна ґратка. Інтенсивність світла у дифракційній картині від ґратки. Вид дифракційної картини. Умови мінімумів та максимумів.
10. Поняття про голографію. Голографія плоскої хвилі. Голограми Френеля.
11. Поляризація світла. Ступінь поляризації. Природне світло. Види поляризації.
12. Відбиття та заломлення на межі двох діелектриків. Формули Френеля.
13. Наслідки з формул Френеля. Кут Брюстера. Закон Малюса.
14. Обертання площини поляризації. Природне обертання. Ефект Фарадея. Теорія обертання.
15. Явище подвійного променезаломлення. Звичайні та незвичайні хвилі. Поляризація при подвійному променезаломленні. Дихроїзм.
16. Дисперсія світла.
17. Зв'язок між фазовою та груповою швидкостями. Поглинання світла. Закон Бугера.

#### **Розділ 5. Фізика атома.**

1. Теплове випромінювання. Закон Стефана-Больцмана. Рівняння Кірхгофа. Формула Планка для випромінювальної здатності абсолютно чорного тіла. Гіпотеза Планка для теплового випромінювання.
2. Корпускулярна природа світла. Зовнішній фотоефект. Рівняння Ейнштейна. Червона границя фотоефекту. Гальмівне рентгенівське випромінювання.
3. Корпускулярна природа світла. Ефект Комптона. Досліди та отримання рівняння.
4. Ядерна модель атому (атом Резерфорда). Досліди Резерфорда. Переріз розсіяння.

5. Спектр атома водню. Спектральні серії. Узагальнена формула Бальмера. Постулати Бора.
6. Теорія Бора для атома водню.
7. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля. Досліди для підтвердження хвильових властивостей елементарних частинок. Статистична інтерпретація хвилі де Бройля.
8. Хвильові властивості частинок. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга (координата-імпульс, енергія-час). Їх експериментальне підтвердження.
9. Стаціонарне та часове рівняння Шрьодінгера.
10. Наслідки з розв'язків рівняння Шрьодінгера для атома водню. Квантування моменту імпульсу. Орбітальне та магнітне квантові числа. Виродження енергетичних рівнів атома .
11. Магнетизм атомів. Експериментальне визначення магнітного та орбітального моментів атому.
12. Спін електрона. Досліди Штерна-Герлаха. Магніто-механічні ефекти.
13. Принцип тотожності однакових частинок. Принцип Паулі.
14. Спін-орбітальна взаємодія. Тонка структура спектральних термів.
15. Рассел-саундерівський зв'язок. Правила Хунда. Періодична система хімічних елементів.

## **Розділ 6. Фізика ядра та елементарних частинок.**

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

## **Розділ 7. Класична механіка.**

1. Збереження енергії як наслідок однорідності часу.
2. Центр мас замкненої системи. Збереження імпульсу як наслідок однорідності простору.
3. Збереження моменту імпульсу як наслідок ізотропії простору.
4. Інтегрування рівнянь руху частинки у одновимірному випадку. Фінітний та інфінітний рухи.
5. Приведена маса. Зведення задачі двох тіл до задачі про рух тіла з приведеною масою.
6. Загальні властивості траєкторії при русі у центральному полі. Закони Кеплера.
7. Абсолютно пружний удар. Пружне розсіювання частинок.
8. Малі одновимірні коливання (ефективна функція Лагранжа).
9. Вимушені коливання. Резонанс гармонічних коливань.
10. Функція Гамільтона. Рівняння Гамільтона.
11. Функція Рауса. Застосування методу Рауса при наявності циклічних координат.
12. Теорема Ліувілля.
13. Розділення змінних в рівняннях Гамільтона-Якобі.

## **Розділ 8. Електродинаміка.**

1. Принцип відносності Ейнштейна.
2. Поняття подій. Просторово-часовий інтервал. Інваріантність інтервалу.
3. Перетворення Лоренца для компонент 4-радіус-вектора.
4. Релятивістські ефекти (зміна просторових і часових інтервалів).
5. Перетворення Лоренца для швидкості.
6. Поняття чотири-вектору. Коваріантні та контраваріантні компоненти.
7. Поняття 4-тензору другого рангу. Коваріантні, контраваріантні та мішані компоненти. Симетричний та антисиметричний тензори. Слід тензору. Операція згортання.
8. Чотири-вектор швидкості.
9. Релятивістська функція Лагранжа і дія для вільної частки. Енергія й імпульс релятивістських часток. Неадитивність маси.
10. Чотири-вектор енергії-імпульсу.
11. Тензор моменту імпульсу.
12. Рівняння руху релятивістської частинки в електромагнітному полі. Сила Лоренца.
13. Тензор електромагнітного поля. 4-вимірне рівняння руху заряду в електромагнітному полі.
14. Чотири-вектор густини струму.
15. Дипольний момент системи. Дипольний потенціал. Напруженість електричного поля диполя.
16. 4-вимірний хвильовий вектор. Ефект Доплера.

## **Розділ 9. Квантова механіка.**

1. Оператор імпульсу. Власні функції оператора імпульсу. Комутаційні співвідношення операторів імпульсу та координати.
2. Оператор моменту імпульсу. Комутаційні співвідношення для проекцій оператора моменту імпульсу. Оператор квадрату моменту імпульсу. Власні функції та власні

- значення оператора z-проекції моменту імпульсу. Власні функції та власні значення оператора квадрату моменту імпульсу.
3. Хвильове рівняння (рівняння Шредінгера). Густина потоку ймовірності. Рівняння неперервності для густини ймовірності хвильової функції.
  4. Стаціонарні стани. Стаціонарне рівняння Шредінгера. Властивості стаціонарних станів.
  5. Квантові дужки Пуассона. Рівняння часової похідної для оператора. Властивості дужок Пуассона.
  6. Рух в одновимірній прямокутній ямі: гамільтоніан, хвильові функції, граничні умови, врахування парності, квантування та нормування хвильових функцій.
  7. Проходження частинки через бар'єр: рівняння Шредінгера, його розв'язки, потік густини ймовірності і його розрахунок, аналіз потоку густини ймовірності для великої енергії бар'єра і навпаки. Коефіцієнт проходження для довільного бар'єра.
  8. Гармонічний осцилятор: гамільтоніан, обезрозмірювання, розв'язок диференційного рівняння, спектр, ортогональність та нормування хвильових функцій.
  9. Коливання гармонічного осцилятора в термінах операторів породження та знищення, оператори породження та знищення, запис гамільтоніану через оператори породження та знищення, знаходження функції основного стану та його енергії, знаходження спектру та хвильових функцій.
  10. Теорія збурень. Стаціонарна теорія збурень для невироджених станів: нульове наближення, наближення першого та другого порядків.
  11. Теорія збурень за наявності виродження, двократно вироджений рівень. Ефект Штарка.

### 3. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

#### 1. Допоміжні матеріали.

На екзамені не допускається користування додатковою літературою.

#### 2. Критерії оцінювання.

Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань та одного практичного завдання (задачі) з фізики.

Приклад екзаменаційного білета:

---

#### НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Освітньо-кваліфікаційний рівень \_\_\_\_\_ спеціаліст/магістр \_\_\_\_\_  
 Спеціальність \_\_\_\_\_ 104 Фізика та астрономія \_\_\_\_\_  
 Спеціалізація Комп'ютерне моделювання фізичних процесів \_\_\_\_\_

#### ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 30

1. Термоядерні реакції, проблема керованого термоядерного синтезу.
2. Теорія збурень. Стаціонарна теорія збурень для невироджених станів: нульове наближення, наближення першого та другого порядків.
3. Правила Кірхгофа.
4. Задача № 3.1.



Розрахуйте ємність циліндричного конденсатора довжиною  $l$  з радіусами внутрішньої та зовнішньої об-кладинок відповідно  $R_1$  та  $R_2$ . Діелектрична проникність середовища між обкладинками  $\epsilon$ .

Затверджено на засіданні методичної комісії ФМФ КПІ ім. Ігоря Сікорського.  
Протокол № 1 від « 23 » 02 2017 р.

Голова методичної комісії \_\_\_\_\_ Рева Н.В.

---

Система оцінювання оцінює здатність студента:

- узагальнювати отримані знання для вирішення конкретних завдань, проблем;
- застосовувати правила, методи, принципи, закони у конкретних ситуаціях;
- аналізувати і оцінювати факти, події та робити обґрунтовані висновки;
- інтерпретувати схеми, графіки, діаграми;
- викладати матеріал логічно, послідовно, з дотриманням вимог стандартів.

Система критеріїв оцінювання передбачає наступне:

- відповідь студента оцінюється за 100-бальною шкалою;
- кількість балів ( $q_{i\max}$ ), яка нараховується за виконання окремого завдання складає 25 балів,  $\sum q_{i\max} = 100$  ;
- В залежності від повноти і правильності відповіді на кожне окреме питання вступник отримує такі бали:

Частина правильної відповіді	Бали оцінки відповіді
91...100%	25...22
76...90%	22...19
61...75%	19...15
0...60%	0...14

Правильною відповіддю в даному контексті вважається повне і адекватне висвітлення питання згідно з Програмою комплексного фахового випробування.

Загальна кількість балів за відповідь визначається шляхом підсумовування балів ( $q_i$ ) за виконання окремих його частин.

$$Q = \sum q_i$$

Після цього здійснюється перерахування цих балів у оцінку ECTS згідно з таблицею:

Сума набраних балів $Q$	Оцінка
95...100	A
85...94	B
75...84	C
65...74	D
60...64	E
Менше 60	F

### СПИСОК ЛТЕРАТУРИ

1. Барьяхтар В.Г, Барьяхтар И.В., Гермаш Л.П., Довгий С.А. Механика. – К.:Институтмагнетизма НАН и МОН Украины, 2004.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. - М.: Наука, 1979.
3. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. - К.: Техніка, 1999.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Наука, 1989.
5. Загальний курс фізики. Збірник задач./за ред. проф. Гаркуші І.П./-К.: Техніка, 2003.
6. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – М.: Наука, 1988.
7. Ландсберг Г.С. Электричество.-М., Высшая школа, 1987.
8. Калашников С.Г. Электричество.- М., Наука, 1977.
9. Козел С.М., Рашба З.И., и др. Сборник задач по физике.- М., Наука, 1987.
- 10.Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика.- М: Наука, 1988.- 215с.
- 11.Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков.- М.: Издательство Московского университета, 1974.- 569 с.
- 12.Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие.- М.: Наука, 1986.- 448 с.
- 13.Ольховский И.И., Павленко Ю.Г., Кузьменков Л.С. Задачи по теоретической механике для физиков.- М.: Издательство Московского университета, 1977.-395с.
- 14.Сборник задач по теоретической физике. Учебное пособие для вузов. (Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко А.М.).- М.: Высшая школа, 1972.- 336 с.
- 15.Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. "Теория поля", М. Наука, 1982 г.

- 16.Ландау Д.Л., Лифшиц Е.М. "Электродинамика сплошных сред", М.: Наука, 1989 г.
- 17.Тамм И.Е. "Основы теории электричества", М. Наука, 1989г.
- 18.Федорченко А. М. "Теоретична фізика т.1, Київ "Вища школа", 1992 р.
- 19.Батыгин В.В., Топтыгин Й. Н. "Сборник задач по электродинамике", М.: Наука.
- 20.Ландау Д.Л., Лифшиц Е.М. "Квантовая механика", М.: Наука, 1989 г.

Розробник програми:

проф. каф. З та ЕФ, д.ф.-м.н., проф. Решетняк С.О.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)