

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна**  
Навчально-науковий інститут «Фізико-технічний факультет»

**Затверджую**  
Голова приймальної комісії,  
ректор Харківського національного  
університету імені В.Н. Каразіна

\_\_\_\_\_ Тетяна КАГАНОВСЬКА  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ПРОГРАМА**

**вступного екзамену з прикладної фізики**

**спеціальність: 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»**

**за освітньо-науковою програмою**

**підготовки доктора філософії**

за спеціалізаціями:

1. Прикладна фізика
2. Експериментальна ядерна фізика та фізика плазми
3. Медична фізика

---

**Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти**

**Харків 2022**



ДОКУМЕНТ СЕД АСКОД  
Сертифікат 58E2D9E7F900307B04000009E3A2500EDECA000  
Підписувач Пантелеймонов Антон Віталійович  
Дійсний з 17.02.2022 15:51:27 по 17.02.2024 15:51:27

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна



0102-110 від 11.05.2022

## Частина 1. Атомна фізика

1. Розвиток фізичних уявлень про структуру атома. Модель атома по Томсону. Досліди Ленарда по зондуванню атомів електронами. Досліди та формула Резерфорда по розсіянню альфа-частинок атомами. Ядерна модель атома. Закономірності в спектрах випромінювання атомів. Спектральні серії водню. Комбінаційний принцип Рітца. Планетарна модель атома. Постулати Бора. Розрахунок енергетичних станів водне-подібних атомів по моделі Бора. Розрахунок сталої Рідберга за наявності руху ядра. Досліди Франка та Герца. Принципові недоліки теорії Бора.
2. Корпускулярні властивості електромагнітного випромінювання та хвильові властивості частинок. Кванти світла. Гіпотеза Планка. Зв'язок енергії та імпульсу кванта з частотою електромагнітних коливань. Експериментальні підтвердження корпускулярних властивостей електромагнітного випромінювання. Фотоелектричний ефект. Ефект Комптона. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де-Бройля. Експериментальні підтвердження гіпотези де-Бройля – досліди Девіссона і Джермера. Хвильовий пакет. Довести його непридатність для опису властивостей частинок. Принцип невизначеностей Гайзенберга, його фізичний зміст.
3. Елементи квантової механіки. Хвильова функція частинки яка рухається. Знаходження рівняння Шредінгера. Фізичний зміст та властивості хвильової функції Уявлення фізичних величин операторами. Оператор кінетичної енергії, імпульсу та координати частинки. Розв'язання рівняння Шредінгера для вільної частинки. Розв'язання рівняння Шредінгера для частинки в потенціальному ящику. Аналіз квантових енергетичних станів та хвильових функцій. Проникнення частинки через потенційний бар'єр - тунельний ефект. Аналіз розв'язання рівняння Шредінгера для потенціалу типу гармонічного осцилятора. Правило відбору за квантовим числом  $v$ . Аналіз розв'язання рівняння Шредінгера в сферичних координатах для центральносиметричного потенціалу. Оператор моменту імпульсу. Оператор кінетичної енергії в сферичних координатах. Висновки: фундаментальні постулати квантової механіки.
4. Квантова теорія атома водню. Рівняння Шредінгера для атома водню. Наявність зв'язаних станів в системі електрон-протон. Розв'язання рівняння Шредінгера для водне-подібних атомів. Хвильові функції та енергетичні рівні при  $l=0$ . Хвильові функції та енергетичні рівні при  $l>0$ . Аналіз повних хвильових функцій атомів водню. Електронні стани та переходи в водне-подібних атомах. Правило відбору за квантовим числом  $l$ . Виродження енергетичних станів.
5. Структура багато-електронних атомів. Енергетичні рівні та спектральні серії атомів лужних металів. Знімання виродження за орбітальним квантовим числом  $l$ . Рівняння Шредінгера для двох-електронного атома. Спін електрона. Магнетизм атомів. Досліди Штерна та Герлаха. Проблеми побудови багато-електронних атомів. Принцип заборони Паулі. Оболонкова структура атомів. Побудова періодичної таблиці елементів Менделєєва.
6. Основи атомної спектроскопії. Повний момент імпульсу електронів в атомі:  $j-j$  – та  $L-S$  – зв'язок. Побудова спектральних термів атомів. Спін-орбітальне розщеплення рівнів в атомі. Тонке розщеплення спектральних ліній. Магнітні властивості атомів. Нормальний та аномальний ефекти Зеємана. Природа рентгенівських променів. Характеристичне та гальмове випромінювання. Закон Мозлі. Ефект Оже. Поглинання рентгенівських променів середовищем. Фізичні основи роботи лазерів.
7. Хімічний зв'язок та структура молекули. Типи зв'язку в молекулах. Молекулярний іон  $H_2^+$ . Ковалентний зв'язок, молекула  $H_2$ . Іонний зв'язок, багатоатомні молекули. Збуджені стани молекул – електронне, коливальне та обертальне збудження молекул. Молекулярні спектри.
8. Електронні властивості твердих тіл. Походження електронних енергетичних зон. Хвильові функції та ефективна маса електронів в металах. Густина електронних станів та енергія Фермі. Оптичне поглинання та люмінесценція в твердих тілах. Твердотільні лазери. Випромінювання нагрітого твердого тіла. Емпіричні закони випромінювання абсолютно чорного тіла. Закони Віна та Стефана-Больцмана. Розрахунок об'ємної спектральної густини випромінювання для

класичного осцилятора – формула Релея-Джинса. Розрахунок об'ємної спектральної густини випромінювання для квантового осцилятора – формула Планка для випромінювання абсолютно чорного тіла. Атомна теплоємність твердих тіл – теорія Ейнштейна. Гратчаста теплоємність твердих тіл – теорія Дебая. Електронна теплоємність твердих тіл.

## **Частина 2. Ядерна фізика**

1. Короткий нарис розвитку вчення про структуру ядра. Електронно-протонна модель ядра. Азотна катастрофа. Протонно-нейтронна модель ядра. Ядерні взаємодії. Масштаби енергії, відстані та часу в ядерній фізиці.

2. Статичні властивості ядер. Типи ядер. Ізотопи, ізобари, ізотони. Заряд ядра, експериментальні методи його вимірювання. Залежність енергії зв'язку ядра від масового числа. Властивості ядерних сил – перше наближення. Краплинна модель ядра та напівемпірична формула для енергії зв'язку ядра. Визначення масового числа та заряду для стабільного ізобара. Радіуси ядер, їх експериментальне вимірювання. Спін та магнітний момент ядра – надтонке розщеплення спектральних ліній. Вимірювання магнітних моментів атомів та ядер. Метод Штерна і Герлаха. Метод магнітного резонансу для вимірювання магнітних моментів ядер (метод Рабі). Вимірювання магнітного моменту нейтрона. Парність, закон збереження парності в ядерній фізиці. Квадрупольний момент ядра та методи його вимірювання.

3. Радіоактивний розпад ядер. Енергетична спроможність радіоактивного розпаду та його закон. Механізм альфа-розпаду. Залежність періоду альфа-розпаду від енергії альфа-частинок - закон Гейгера-Неттола. Бета-розпад. Три типи бета-розпаду. Характер бета-спектрів та гіпотеза нейтрино. Дослідження по доказу існування нейтрино. Елементи теорії бета-розпаду. Незбереження парності при бета-розпаді. Гама-випромінювання ядер. Імовірність гама-переходів, внутрішня конверсія гама-променів. Ефект Мессбауера. Вимірювання червоного зсуву в лабораторних умовах.

4. Ядерні сили та моделі атомного ядра. Короткодія та властивості насичення ядерних сил. Незалежність ядерних сил від заряду. Обмінний характер ядерних сил. Мезонна теорія ядерних сил та структура нуклонів. Краплинна модель ядра. Модель ядерних оболонок. Принципи побудови оболонкової моделі ядра. Узагальнена модель ядра – одночастинкові та колективні збудження у цій моделі.

5. Космічні промені та елементарні частинки. Первинне та вторинне космічне випромінювання. Проходження космічного випромінювання крізь атмосферу. Каскадні процеси. Походження космічних променів. Класифікація елементарних частинок: фотони, лептони, мезони, баріони. Закони збереження при перетворенні частинок. Кваркова модель елементарних частинок.

## **Частина 3 (за спеціалізаціями)**

### **3.1. Прикладна фізика**

1. Типи твердих тіл. Діелектрики та метали. Класифікація діелектриків. Іонні кристали. Лужні - галоїдні кристали. Проміжні сполуки. Ковалентні кристали. Молекулярні кристали. Метали. Кристали з гідрогенним зв'язком.

2. Кристали і кристалічні ґратки. Основні поняття фізичної кристалографії. ґратка Браве і двовимірні кристали. Трансляційна симетрія. Основні вектори і тривимірні кристали. Класифікація кристалічних ґраток. Примітивна комірка Вігнера - Зейтца. Прямі та обернені ґрати. Індеси Міллера. Елементи симетрії. Групи симетрії.

3. Геометрична кристалографія. Кристалічні системи та класи симетрії. Кристалографічні групи симетрії (просторові). Кристалографічні точкові групи. Ізоморфізм. Просторові групи Федорова. Основи геометричної кристалографії. Геометричні закономірності атомної будови кристалів. Кристалічні структури простих та складних речовин

4. Теорії металів. Теорія Друде, основні положення. Теорія металів Зоммерфельда. Властивості електронного газу в основному стані. Розподіл Фермі - Дірака газу вільних електронів, його застосування. Прямий, обернений, конфігураційний та  $k$ - простори. Проблеми моделі вільних електронів.
5. Періодичний потенціал. Теорема Блоха, її доведення. Граничні умови Борна-Кармана. Поверхня Фермі. Густина рівнів. Електрони в слабому періодичному потенціалі. Рівняння Шредингера в випадку слабого потенціалу. Метод слабого зв'язку. Метод сильного зв'язку. Функції Ваньє. Метод комірок і метод МТ-потенціалу. Метод приєднаних плоских хвиль (ППХ). Метод функцій Корринги, Кона и Ростокера (ККР) (метод функцій Гріна). Метод модельного потенціалу.
6. Зонна структура металів. Методи дослідження поверхні Фермі. Ефект де Гааза - Ван Альфена. Вільні електрони в постійному магнітному полі. Рівні блохових електронів у постійному магнітному полі. Прості метали. Різновалентні метали. Напівметали. Перехідні метали. Рідкісноземельні метали.
7. Розсіяння та взаємодія електронів в кристалах. Механізми розсіяння електронів. Вірогідність розсіяння і час релаксації. Зміна функції розподілу за рахунок зіткнень. Находження функції розподілу. Рівняння Больцмана. Закон Відемана-Франца. Правило Матіссена. Наближення та теорія Хартрі-Фока. Загальна теорія екранування, теорії Томаса-Фермі, Ліндхарда.
8. Поверхневі ефекти. Робота виходу. Контактна різниця потенціалів. Визначення роботи виходу шляхом вимірювання контактної різниці потенціалів. Термоелектронна емісія. Експериментальне визначення роботи виходу металів. Дифракція повільних електронів. Іонний мікроскоп. Електронні поверхневі рівні.
9. Напівпровідники. Зонна структура напівпровідників. Донори та акцептори в напівпровідниках. Концентрація носіїв заряду в напівпровідниках. Теорія явищ переносу в напівпровідниках. Неоднорідні напівпровідники. Рівноважний  $p$ - $n$  перехід. Елементарний аналіз дії  $p$ - $n$  переходу.
10. Діелектрики. Електростатика діелектриків. Теорія локального поля. Ізолятори. Зонна структура і зв'язок в іонних кристалах. Ковалентні діелектричні кристали. Піроелектрика. Сегнетоелектрики. Діамагнетизм і парамагнетизм.

### 3.2. Експериментальна ядерна фізика та фізика плазми

#### Фізика плазми

1. Основні види розряду: тліючий розряд, електрична дуга, НВЧ-розряд, умова стаціонарності розряду.
2. Рівняння Больцмана і Власова, час максвелізації і швидкість вирівнювання температур різних компонентів плазми, швидкість іоноутворення і рекомбінації електронів та іонів.
3. Рух у схрещених електричному і магнітному полях; заряджена частинка у ВЧ полі; дрейфове наближення, різновиди дрейфового руху.
4. Рівняння руху плазми в магнітному полі; проникнення магнітного поля в плазму; вмороженість магнітного поля в плазму; дворідинне наближення.
5. Основні типи коливань і хвиль у плазмі: ленгмюрові електронні та іонні, іонозвукові, магнітозвукові, альфвеніві; показник заломлення плазми; фазова й групова швидкості плазмових хвиль.
6. Резонансна взаємодія заряджених частинок з електромагнітними хвилями. Випромінювання Черенкова. Взаємодія однієї зарядженої частинки з поздовжньою електростатичною хвилею. Однчастинкове наближення і межі його застосування.

7. Рівняння Картевега-де-Вріза. Солітонні збурення у плазмі. Подвійні електричні шари у плазмі. Формування стрибків потенціалу в солітонних збуреннях.
8. Взаємодія трьох хвиль. Бездисипативний випадок. Властивості рішення.
9. Взаємодія трьох хвиль з урахуванням дисипації. Стаціонарні рішення.
10. Хвилі Бернштейна-Грина-Крускала. Зв'язок БГК хвиль з хвилями Ван-Кампена. Ширина резонансу хвиля-частинка у просторі швидкостей.

### **Фізика пучків заряджених частинок**

1. Загальні рівняння руху заряджених частинок в електричних та магнітних полях. Параксіальне наближення. Модифіковані рівняння руху. Теорема Буша.
2. Рух пучків у каналах, вільних від зовнішніх полів. Віртуальний катод (анод). Критичні струми утворення та зникнення віртуального катода.
3. Природні та штучні механізми зарядової та струмової нейтралізації пучків. Часові та просторові масштаби зарядової та струмової нейтралізації пучків.
4. Гармати для формування аксіально-симетричних пучків (гармати Пірса). Розрахунки форми електродів гармати Пірса для формування пласко-паралельного потоку електронів.
5. Особливості плазми як емітера заряджених частинок. Особливості створення прискорювальних електричних полів у джерелах заряджених частинок.
6. Особливості формування іонних пучків. Умова пласкої межі плазмового емітера. Методи збільшення емісійних властивостей плазмових емітерів.
7. Комірка Пеннінга. Дуоплазматрон.
8. Прискорювач з анодним шаром. Прискорювач з замкненим дрейфом електронів та протяжною зоною прискорення.
9. Масштаб проникання електричного поля в плазму. Скін-шар. Величина електричного поля, необхідного для прискорення електронів у плазмі. Поле Дрейсера.
10. Характерні періоди розвитку пучково-плазмових нестійкостей. Втрати енергії електронами. Динаміка струму прискорених електронів у плазмі.

### **Теоретична фізика**

1. Принцип найменшої дії. Функція Лагранжа точкової частинки і системи точкових частинок. Закони збереження енергії, імпульсу і моменту імпульсу
2. Пружні зіткнення частинок. Розсіювання частинок. Формула Резерфорда.
3. Рівняння Гамільтона. Дужки Пуассона. Дія. Принцип Мопертюї.
4. Тензор електромагнітного поля. Рівняння Максвелла.
5. Поле системи зарядів на далеких відстанях. Дипольне випромінювання. Квадрупольне та магнітно-дипольне випромінювання.
6. Стаціонарні стани. Імпульс. Співвідношення невизначеностей. Рівняння Шредінгера.
7. Момент імпульсу. Власні значення і власні функції моменту.
8. Принцип нерозрізненості тотожних частинок. Обмінна взаємодія.
9. Канонічний розподіл Гіббса, статистична сума (інтеграл) і термодинамічні функції. Розподіл Максвелла.
10. Розподіл Фермі-Дірака і Бозе-Ейнштейна.

## **Експериментальна ядерна фізика**

1. Проходження заряджених частинок через речовину. Іонізаційні втрати та їх флуктуації. Одноразове та багаторазове розсіяння.
2. Ядерні сили та загальні властивості ядерної речовини. Насичення ядерних сил. Енергія зв'язку. Ізотопічний спіні. Аналогові стани.
3. Моделі ядра. Краплинна модель ядра. Модель Фермі-газу. Одночастинкова оболонкова модель. Середній ядерний потенціал. Спінорбітальний зв'язок. Узагальнена модель ядра. Ротаційні та вібраційні рівні. Колективні ефекти в ядрах. Правила добору для електромагнітних та бета-переходів. Ізомерні стани. Квазічастинкова модель ядра (парні кореляції надплинного типу).
4. Бета-розпад. Елементарна теорія бета-розпаду. Правила добору та форма бета-спектрів.  $f_t$ -величини. Дозволені та заборонені бета-переходи.
5. Незбереження парності у слабкій взаємодії. Електронне захоплення. Подвійний двох-нейтринний та безнейтринний бета-розпад. Емісія протонів, альфа-розпад, поділ після бета-розпаду ядра. Спонтанний поділ ізомерів.
6. Взаємодія ядер з електромагнітним випромінюванням. Мультипольні переходи та правила добору для гамма-випромінювання. Внутрішня конверсія. Фотоядерні реакції. Кулонівське збудження ядер. Гігантські резонанси в ядрах. Пігмі-резонанс.
7. Альфа-розпад. Елементарна теорія альфа-розпаду. Радіуси ядер. Формфактори ядер. Протонний розпад. Кластерні розпади.
8. Поділ ядер. Спонтанний поділ. Поділ ядра та ядерні моделі. Ізомери спонтанного поділу. Трансуранові та надважкі елементи. Острів стабільності зверхважких ядер.
9. Основи теорії ядерних реакцій. Амплітуда розсіяння. Вірогідність і переріз реакції. Закони збереження. Принцип детальної рівноваги. Канали реакції. Матриця розсіяння. Оптична модель взаємодії нуклонів з ядрами.
10. Прискорювачі заряджених частинок. Лінійні прискорювачі. Циклічні прискорювачі. Принцип автофазування. Сильне фокусування. Накопичувальні кільця та прискорювачі на зустрічних пучках. Колективний метод прискорення. Методи фокусування пучків та сепарація частинок.
11. Іонізаційні камери. Камера Брега. Правило Голдінга. Газорозрядні лічильники: пропорційні, Гейгера-Мюллера, Троста, галогенні. Напівпровідникові детектори. Сцинтиляційні детектори. Черенковські лічильники та детектори перехідного випромінювання.
12. Основні поняття математичної статистики. Теорія статистичних оцінок та перевірки гіпотез. Критерій  $\chi^2$ -квадрат. Метод максимальної правдоподібності. Планування експерименту.
13. Ядернофізичні бази даних. Кластерні системи обробки даних.

## **Експериментальна фізика елементарних частинок**

1. Розсіяння і розпади частинок. Пі-мезон Юкави. Відкриття нейтрино в бета-розпаді ядер. Електронне та мюонне нейтрино. Збереження лептонних чисел.
2. Кваркова модель. Кварки, їх електричні заряди, властивості антикварків. Кварковий склад мезонів та баріонів. Конфайнмент кварків. Колір кварків. Безколірність експериментально спостережуваних частинок.
3. Слабка взаємодія. Розпад мюону. Слабка взаємодія кварків і  $\beta$ -розпад нейтрону.
4. Переріз реакції. Світність прискорювача та зв'язок перерізу з числом відліків детектора.

5. Ізотопічний спіт. Ізоспіт нуклонів, мезонів, резонансів. Збереження або незбереження ізоспіту і його проекції в сильній, електромагнітній та слабкій взаємодіях.
6. Просторова парність та її порушення у розпаді ядра  $^{60}\text{Co}$ . Визначення спіральності нейтрино в слабкому розпаді  $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$ . Зарядове спряження (C) і C-парність частинки. Інверсія часу.
7. CP-симетрія. Осциляція нейтральних K-мезонів:  $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$ . Довгоіснуючі та короткоіснуючі K-мезони. Порушення CP-симетрії в слабкій взаємодії. CPT теорема. Порушення T-інваріантності та електричний дипольний момент частинок.
8. Об'єднана теорія слабкої і електромагнітної взаємодій. Локальна калібрувальна інваріантність, спонтанне порушення симетрії та механізм Хігса.
9. Механізми утворення бозона Хігса, його пошуки і відкриття на прискорювачі LHC в ЦЕРН. Теоретичні моделі у фізиці частинок за межами Стандартної Моделі. Велике об'єднання взаємодій і розпад протона. Суперсиметрія і додаткові розмірності простору.
10. Прискорювачі заряджених частинок. Лінійні прискорювачі. Циклічні прискорювачі. Принцип автофазування. Сильне фокусування. Накопичувальні кільця та прискорювачі на зустрічних пучках. Колективний метод прискорення. Методи фокусування пучків та сепарація частинок.
11. Електрон-фотонні злизові лічильники. Адронні калориметри.
12. Системи математичних програм обробки, аналізу та моделювання фізичних результатів.

### 3.3. Медична фізика

1. Структурно-динамічні властивості біологічних макромолекул як особливого класу полімерів. Моделі ідеальних та реальних полімерних ланцюгів. Конформаційний аналіз поліпептидів та полінуклеотидів.
2. Фазові стани полімерних ланцюгів. Конформаційні переходи білків та нуклеїнових кислот. Поняття конформаційної статистичної суми макромолекули.
3. Фолдінг білків. Модель енергетичної воронки. Фібрилярний стан поліпептидів. Амілоїдні фібрили як новий клас наноматеріалів.
4. Методи опису просторової структури біомолекул. Поняття про квантово-хімічні методи. Молекулярна механіка. Основи методу, поняття про силові поля, ефекти розчинника та електростатичних взаємодій. Методи дослідження конформаційного простору: моделювання відпалу, метод Монте-Карло. Метод молекулярної динаміки.
5. Наноструктури, що утворюються ліпідами (моношари, бішари на підкладці, міцели, ліпосоми), білками, нуклеїновими кислотами та полісахаридами. Застосування біонаноструктур у медичній практиці.
6. Визначення та загальна схема томографічних досліджень. Види томографічних досліджень. Принципи трансмісійної томографії. Емісійна томографія, ОФЕКТ, ПЕТ. Дифракційна томографія. Функція відгуку точкового джерела, її зв'язок з просторовою роздільною здатністю. Відношення сигнал/шум та обернення згортки.
7. Розв'язок рівняння акустичної хвилі у неоднорідному скалярному середовищі. Ультразвуковий відгук та функція чутливості системи. Роздільна здатність ультразвукових систем. Метод синтезованої апертури. Ширина ультразвукових доплерівських спектрів та доплерівські методи дослідження. Рівняння Вестервельта та візуалізація на гармоніках випромінювання
8. Дифракційні методи досліджень. Розсіяння світла малими та великими частинками, фактор розсіяння. Спектральна функції та динамічне розсіяння. Комбінаційне (раманівське) розсіяння світла. Раманові спектрів та спектри ІЧ поглинання. Дифракційна рентгенівська томографія,

атомний форм-фактор та структурний фактор базису. Рентгенограми типу «косий хрест» та температурна залежність ліній.

9. Вимога ЯМР резонансу, кінетика переходів. Рівняння Блоха та магнітна сприйнятливість. Спектри ЯМР та часи релаксації. Квадратурне детектування ЯМР сигналів та чутливість СВ-ЯМР. Імпульсна ЯМР спектроскопія. Імпульсні послідовності та імпульсна фур'є-зейматографія. Візуалізація часів релаксації.

10. Синхротронне випромінювання, метод швидкісної рентгенівської дифрактометрії. Ондуляторне випромінювання та лазери на вільних електронах. Метод дифракції нейтронів. Месбауєрографія. Електронна мікроскопія, види аберацій та астигматизму, контрастування об'єктів. Скануюча тунельна мікроскопія. Атомна силова мікроскопія. Електросилова та магнітосилова мікроскопія.

### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

1. Виконання кожного завдання білета оцінюється балом за таблицею:

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недоброчесність	
2	1-20	Наведено лише визначення термінів, які входять до формулювання питання	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі, записано основні закони з цієї теми
3	21-40	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п. 2 вказано метод розв'язання задачі
4	41-60	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п. 3 при правильному виборі методу розв'язання допущено грубі помилки
5	61-80	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п. 3 при правильному виборі методу розв'язання не доведено до кінця
6	81-90	Наведено правильну в цілому відповідь з порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій чи оформлення відповіді ускладнює розуміння тексту	Задачу доведено до правильної кінцевої формули і на тому припинено розв'язання
7	91-100	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення.

2. Загальна оцінка вступного випробування за 100-бальною шкалою розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = (\text{П1} + \text{П2} + \text{П3}) / 3,$$

де П1, П2, П3 – бали за відповіді на окремі завдання екзаменаційного білета.

3. Якщо «Загальна оцінка» не є цілим числом, то оцінка округлюється з урахуванням правил округлення.



## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Иродов И. Е. Квантовая физика (основные законы). – М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004, 256 с.
2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика: Учебное пособие в 2 ч. – Ч. 1. Атомная физика. М.: Наука, 1986. 545с.
3. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика: Учебное пособие в 2 ч. – Ч. 2. Ядерная физика. М.: Наука, 1989. 415 с.
4. Иродов И. Е. Атомная и ядерная физика (Сборник задач): Учебное пособие. СПб: Издательство «Лань», 2002. 288 с.
5. Білий М. У. Атомна фізика: Підручник. К.: Вища школа, 1973. 396 с.
6. Вальтер А. К., Залюбовский И. И. Ядерная физика: Учебник. Харьков: Вища школа, 1978. 424 с.
7. Савельев И. В. Курс физики: Учебник в 3-х т. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: М.: Наука, 1989. 304 с.
8. Бейзер А. Основные представления современной физики: М.: Атомиздат, 1973. 548 с.
9. Акоста В., Кован К., Грэм Б. Основы современной физики: М.: Просвещение, 1981. 495с.
10. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика М.: Энергоатомиздат, 1983. Т. 1-2.
11. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика: Учебное пособие. М.: Наука, 1980. 727 с.
12. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела - М.: «Мир», 1979. Том I. - 400 с.
13. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела - М.: «Мир», 1979. Том 2. - 422с.
14. Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. - М.: «Наука». 1976.
15. У. Харрисон. Теория твердого тела. - М.: «Мир». 1972. - 616 с.
16. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. - М.: «Мир». 1974.- 472 с.
17. Ч. Киттель Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1988, 549 с.
18. А. Анималу. Квантовая теория кристаллических твердых тел. «Мир», М.:1981.-574с.
19. Ван Бюрен. Дефекты в кристаллах. М., ИИЛ. 1962, 584с.
20. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. - М.: "Металлургия". 1990, 336с.
21. Лейбфрид Г., Бройер Н. Точечные дефекты в металлах - М.: "Мир". 1981, 440с.
22. Ланно М., Бургуэн Ж. Точечные дефекты в полупроводниках - М.: "Мир", 1984, 264с.
23. А. Абрикосов. Введение в теорию нормальных металлов - М.: «Наука», 1972, 298с.
24. Г. Джонс. Теория зон Бриллюэна и электронные состояния в кристаллах - М.: Мир, 1972.
25. О. Маделунг. Теория твердого тела - М.: «Наука», 1980. - 416 с.
26. Л.А. Франк-Каменецкий - Лекции по физике плазмы, Атомиздат, М., 1968.
27. Л. Спитцер - Физика полностью ионизированного газа, изд. ИЛ, М., 1957.
28. Б.Б. Кадомцев - Коллективные явления в плазме, Наука, М., 1976.
29. С.Ю. Лукьянов - Горячая плазма и управляемый термоядерный синтез, Наука, М.,1975.
30. Пеннинг. Электрические разряды в газах, ИЛ, М., 1960.
31. В.П. Силин - Введение в кинетическую теорию газов. Наука, 1971.
32. В.Л. Гинзбург, А.А. Рухадзе - Волны в магнитоактивной плазме. Наука, 1975.
33. Я.Б. Зельдович, Ю.П. Райзер - Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. Физматгиз, 1963.
34. А.Б. Михайловский. Теория плазменных неустойчивостей, Атомиздат, 1975
35. Электродинамика плазмы (под редакц. А.И. Ахиезера), Наука, 1974.
36. В.Л. Гинзбург - Распространение электромагнитных волн в плазме, Наука, 1967
37. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц - Статистическая физика, Наука, 1964.
38. А.Ф. Александров, А.А. Рухадзе - Физика сильноточных электроразрядных источников света. Атомиздат, 1976.
39. Ю.П. Райзер. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987.
40. Грановский В.Л. Электрический ток в газе. М.: Наука, 1971.
41. Ахієзер О.І., Бережної Ю.А. Теорія ядра. Київ, Вища школа, 1995, 256 с.
42. Ахієзер О.І., Бережної Ю.А. Теорія ядерних реакцій.- ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013, 132 с.

43. Бережной Ю.А., Онищенко Г.М. Структура атомных ядер. . –Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013, 184 с.
44. Валантэн Л. Субатомная фізіка: ядра і частіцы. Т. 1-2. Пер. с фр. М.: Мир, 1986.
45. Гопыч П.М., Залюбовский И.И. Ядерная спектроскопия. Харьков, Вища школа, 1980, 384 с.
46. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Т.1, 2. М., Энергоатомиздат. 1993.
47. Немец О.Ф., Теренецкий К.О. Ядерные реакции. К.: Вища школа, 1977, 242 с.
48. Тартаковський В.К. Субатомна фізіка. –К.: Київський університет, 2006, 320 с.
49. Шматко Є.С., Гірка І.О., Карташов В.М. Проходження іонізуючих випромінювань крізь речовину. –Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013, 132 с.
50. Шульга Н.Ф. Некоторые вопросы теории рассеяния быстрых частиц в веществе и во внешних полях. К.: Наукова думка, 2010, 197 с.
51. Абрамов А.И., Казанцев Ю.А., Матусевич Е.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. М.: Энергоатомиздат, 1985, 448 с.
52. Акимов Ю. К. и др. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. Энергоатомиздат, М., 1989, 344 с.
53. Акимов Ю.К. Полупроводниковые детекторы ядерных излучений. Дубна: ОИЯИ, 2009, 277 с.
54. Акимов Ю.К. Газовые детекторы ядерных излучений. Дубна ОИЯИ, 2011, 243 с
55. Григорьев В.А., Колюбин А.А., Логинов В.А. Электронные методы ядерно - физического эксперимента. М.: Энергоатомиздат, 1988, 336 с.
56. Защита от ионизирующих излучений. Т.1-2. Под ред. Н.Г.Гусева. М.: Энергоатомиздат, 1990.
57. Клайнхехт К. Детекторы корпускулярных излучений. Пер. с англ. М.: Мир, 1990, 220 с.
58. Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы. М.: Энергоатомиздат, 1985, 352 с.
59. Лавренчик В.Н. Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов. М.: Энергоатомиздат, 1986, 271 с.
60. Лебедев А.Н., Шальнов А.В. Основы физики и техники ускорителей. Т. 1-3. М.: Энергоиздат, 1981 - 1983.
61. Ляпидиевский В. К. Методы детектирования излучений. М.: Энергоатомиздат, 1987, 406 с.
62. Комминс Ю., Буксбаум Ф. Слабые взаимодействия лептонов и кварков. Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1987, 437 с.
63. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. Москва, «Наука». Издание 3-е, 2005, 352 стр.
64. Перкинс Д. Введение в физику высоких энергий. Пер. с англ. 1991, 427 с.
65. Perkins D. H. Introduction to high energy physics. 4th edition, Cambridge University Press, 2000, 426 p.
66. Хелзен Ф., Мартин А. Кварки и лептоны. Введение в физику частиц. Пер. с англ. М.: «Мир», 1987, 456 с.
67. Клайнхехт К. Детекторы корпускулярных излучений. Пер. с англ. М.: Мир, 1990, 220 с.
68. Певчев Ю.Ф., Финогенов К.Г. Автоматизация физического эксперимента. М.: Энергоатомиздат, 1986, 368 с.
69. Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров.- М.: Мир, 2000.-192 с.
70. Бартенев Г.М., Френкель С.Я. Физика полимеров.- Л.: Химия, 1990.- 430 с.
71. Кантор Ч., Шиммель П. Биофизическая химия (В 3-х томах).- М.: Мир, 1984.
72. Сиволоб А.В. Молекулярна біологія. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2008.- 384 с.
73. Финкельштейн А.В., Птицын О.Б. Физика белка.- М.:КДУ, 2012 - 524 с.
74. Чернавский Д. С., Чернавская Н.М. Белок - машина. Биологические макромолекулярные конструкции. - М.: Изд-во МГУ, 1999. - 256 с.
75. Шульц Г., Ширмер Р., Принципы структурной организации белков. М.: Мир, 1982. - 354 с.
76. Слета Л.А., Иванов В.В. Квантовая химия. Харьков: Фолио, 2007. - 443 с.
77. Степанов Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия. - М.: Мир, 2001. - 519 с.
78. Горбенко Г.П. Моделі полімерних ланцюгів. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007.- 68 с.
79. Горбенко Г.П. Моделі адсорбції. Харків.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007.- 40 с.
80. Горбик П.П., Туров В.В.. Наноматериалы и нанокompозиты в медицине, биологии, экологии. - Київ: Наукова думка, 2011. - 444 с.

81. Трусова В.М. Горбенко Г.П., Гірич М.С. Основи молекулярно-динамічного моделювання біополімерів. Харків.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2016.- 211 с.
82. Применение ультразвука в медицине: Физические основы. Под ред. К.Хилла. М.: Мир, 1989. 568с.
83. Кайно Г. Акустические волны. Устройства, визуализация и аналоговая обработка сигналов. М.: Мир, 1990. 656с.
84. Малеев В.Я. Методы биофизических исследований. Харьков.: Изд. ХНУ имени В.Н. Каразина, 2014. – 457 с.
85. Гутман А.М. Биофизика внеклеточных токов мозга. М.: Наука. – 184с.
86. Хауссер К.Х., Кальбитцер Х.Р. ЯМР в медицине и биологии: структура молекул, томография, спектроскопия *in vivo*. – Киев: Наукова думка, 1993. – 259 с.
87. Campbell M. Heyer L. Discovering Genomics, Proteomics and Bioinformatics. CSHL Press, 2003.- 352 p.
88. Горбик П.П., Горобець С.В., Турелик М.П., Чехун В.Ф., Шпак А.П.. Біофункціоналізація наноматеріалів і нанокомпозитів. - Київ: Наукова думка, 2011. - 293 с.
89. Огурцов А.Н. Бионанотехнология. Принципы и применение. - Харьков.: НТУ "ХПИ", 2012. -479 с.
90. Computer modeling in molecular biology. Ed. by J. M. Goodfellow. VCH, 1995. -243 p.
91. Protein Folding. The Royal Society. Ed. by C. M. Dobson and A.R.Fersht, Cambridge, 1995.
92. Protein folding in silico / Ed. by I. Roterman – Konieczna, Woodhead Publishing., 2012. – 240 p.
93. R. Murphy, A. Tsai. Misbehaving proteins: protein misfolding, aggregation and stability. Springer, 2006.- 353 p.
94. Эрнст Р., Боденхаузен Дж., Вокаун А. ЯМР в одном и двух измерениях. М.: Мир, 1990. – 790 с.
95. Лундин А.Г., Федин Э.И. Ядерный магнитный резонанс. Основы и применения. – Новосибирск: Наука, 1980. – 190с.
96. Бабминдра В.П., Брагина Т.А., Ионов И.П., Нуртдинов Н.Р. Структура и модели нейронных комплексов головного мозга. Л.: Наука, 1988. -96с.
97. Уайт Р. Квантовая теория магнетизма. М.:Мир,1990. – 303с.

Гарант освітньо-наукової програми  
105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Микола АЗАРСНКОВ

Голова предметної комісії для проведення  
вступних випробувань до аспірантури

Сергій ЛИТОВЧЕНКО

Відповідальний секретар  
Приймальної комісії

Сергій ЄЛЬЦОВ

Затверджено на засіданні Приймальної комісії Харківського  
Національного університету імені В.Н. Каразіна

Протокол №2 від 07 лютого 2022 р.