

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

_____Олександр ГОЛОВКО
« ____ » _____ 2025 р.

ПРОГРАМА
вступного фахового іспиту
«Прикладна фізика»

спеціальність: Е6 «Прикладна фізика та наноматеріали»

за освітніми програмами:

«Експериментальна ядерна фізика та фізика плазми»,
«Прикладна фізика»

Другий (магістерський) рівень вищої освіти

Харків 2025

Частина 1. Атомна фізика.

Розвиток фізичних уявлень про структуру атома.

Модель атома по Томсону. Досліди Ленарда по зондуванню атомів електронами. Досліди та формула Резерфорда з розсіяння 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 воднеподібних атомів по моделі Бора. Розрахунок сталої Рідберга за наявності руху ядра. Досліди Франка та Герца. Принципові недоліки теорії Бора.

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. Принцип невизначеності Гайзенберга, його фізичний зміст.

Елементи квантової механіки.

Хвильова функція частинки, яка рухається. Знаходження рівняння Шредінгера. Фізичний зміст та властивості хвильової функції, одержаної із розв'язку рівняння Шредінгера. Представлення фізичних величин за допомогою квантово-механічних операторів. Оператори кінетичної енергії, імпульсу та координати частинки. Розв'язання рівняння Шредінгера для частинки в прямокутній потенціальній ямі. Аналіз квантованих енергетичних станів та хвильових функцій. Аналіз розв'язку рівняння Шредінгера для потенціалу типу гармонічного осцилятора. Правило відбору за коливальним квантовим числом v . Аналіз розв'язку рівняння Шредінгера в сферичних координатах для центральносиметричного потенціалу. Оператор моменту імпульсу. Оператор кінетичної енергії в сферичних координатах. Висновки: фундаментальні постулати квантової механіки.

Квантова теорія воднеподібних атомів.

Рівняння Шредінгера для воднеподібних атомів. Розв'язання рівняння Шредінгера для воднеподібних атомів. Хвильові функції та енергетичні рівні при значенні орбітального моменту $l=0$. Хвильові функції та енергетичні рівні при значенні орбітального моменту $l>0$. Аналіз повних хвильових функцій атомів водню. Електронні стани та переходи в воднеподібних атомах. Правило відбору за орбітальним квантовим числом l . Виродження енергетичних станів.

Структура багато-електронних атомів.

Енергетичні рівні та спектральні серії атомів лужних металів. Знімання виродження за орбітальним квантовим числом l . Орбітальний момент електрона в атомі та спін електрона. Магнетизм атомів. Досліди Штерна та Герлаха. Принцип заборони Паулі. Оболонкова структура атомів. Побудова періодичної таблиці елементів Менделєєва.

Основи атомної спектроскопії.

Повний механічний момент електронів в атомі: j_j – та LS – зв'язок. Побудова спектральних термів атомів. Спін-орбітальне розщеплення рівнів в атомі. Тонке розщеплення спектральних ліній. Природа рентгенівських променів. Характеристичне та гальмівне випромінювання. Закон Мозлі. Ефект Оже. Поглинання рентгенівських променів середовищем. Фізичні основи роботи лазерів.

Хімічний зв'язок та структура молекули.

Типи хімічного зв'язку в молекулах. Енергетичні рівні та хвильові функції молекулярного іону H_2^+ . Ковалентний зв'язок, молекула H_2 . Іонний зв'язок, багатоатомні молекули. Збуджені стани молекул – електронне, коливальне та обертальне збудження молекул. Молекулярні спектри.

Електронні властивості твердих тіл.

Походження електронних енергетичних зон. Хвильові функції та ефективна маса електронів в металах. Густина електронних станів та енергія Фермі. Випромінювання нагрітого твердого тіла. Емпіричні закони випромінювання абсолютно чорного тіла. Закони Віна та Стефана–Больцмана. Розрахунок об'ємної спектральної густини випромінювання абсолютно чорного тіла для класичного осцилятора – формула Релея–Джинса. Розрахунок об'ємної спектральної густини випромінювання з використанням середньої енергії для квантового осцилятора – формула Планка для випромінювання абсолютно чорного тіла. Атомна теплоємність твердих тіл – Теорія Ейнштейна. Теплоємність ґратки твердих тіл – теорія Дебая. Електронна теплоємність металів.

Частина 2. Ядерна фізика.

Короткий нарис розвитку вчення про структуру ядра.

Електронно-протонна модель ядра. Азотна катастрофа. Протонно-нейтронна модель ядра. Ядерні взаємодії. Масштаб енергії, відстані та часу в ядерній фізиці.

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.

Квантові властивості ядер.

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 хвильових функцій, закон збереження парності в ядерній фізиці. Квадрупольний момент ядра та методи його вимірювання.

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. Експериментальне доведення існування нейтрино. Елементи теорії бета-розпаду. Незбереження парності при бета-розпадах. Гама-випромінювання ядер. Імовірність гама-переходів, внутрішня конверсія гама-променів. Ефект Мессбауера. Вимірювання червоного зсуву в лабораторних умовах.

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.

Космічні промені та елементарні частинки.

Первинне та вторинне космічне випромінювання. Проходження космічного випромінювання крізь атмосферу Землі. Каскадні процеси. Походження космічних променів. Класифікація елементарних частинок: фотони, лептони, мезони, баріони. Закони збереження при перетворенні частинок. Кварк-глюонна структура адронів.

КРИТЕРІЇ

оцінювання рівня знань абітурієнтів

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 вступник виявив академічну недобросовісність	
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 за правильного вибору методу розв'язання допущено грубі помилки
5	61-80	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п. 3 за правильного вибору методу розв'язання не доведено до кінця
6	81-90	Наведено правильну в цілому відповідь із 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 фахового вступного випробування за шкалою від 100 до 200 балів розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = (\text{П1} + \text{П2} + \text{П3}) / 3 + 100,$$

де П1, П2, П3 – бали за відповіді окремих завдань екзаменаційного білета.

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

4. Вступники, які набрали за шкалою 100-200 менше ніж 100 балів, отримують незадовільну оцінку та не допускаються до участі у конкурсному відборі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

(основна)

1. Білий М. У., Охріменко Б. А. Атомна фізика: Підручник. К. : Знання, 2009. 559 с.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.3. Оптика. Квантова фізика. К.: Техніка, 1999. 520 с.
3. Bransden B.H., Joachain C.J. Physics of Atoms and Molecules (2nd edition), Addison-Wesley, 2003.
4. Каденко І. М., Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок : підручник. 2-ге вид., переробл. і доповн. Електронна версія. К. 2019, 467 с.
5. Лукіянець Б.А., Понеділок Г.В., Рудавський Ю.К. Основи квантової фізики: Навч. Посібник. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2009. 420 с.
6. Г. А. Ільчук, О. С. Кушнір, О. В. Бовгира, А. І. Кашуба / За ред. Лопатинського І. Є/ Атомна фізика: збірник задач: навч. посібн. Львів: Левада, 2021. 220 с.
7. Плюйко В.А., Солодовник К.М. Збірник задач з ядерної фізики з розв'язками, навчальне видання, Київ, 2020. - 50 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

(додаткова)

1. Гайда Р. П. Атомна фізика. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1965. 356 с.
2. Бушок Г. Ф. Курс фізики. Книга 3: Оптика. Фізика атома та атомного ядра. Київ : Вища школа. 2003. 311 с.
3. Вакарчук І.О. Квантова механіка: Підручник. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 784 с.

Голова фахової атестаційної комісії
ННІ «Фізико-технічний факультет»

Сергій ЛИТОВЧЕНКО

Відповідальний секретар
Приймальної комісії

Ганна ЗУБЕНКО

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

Протокол № 2 від 20 березня 2025 р.