

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В.Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ «ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ»

Затверджено на засіданні вченої ради
ННІ «Фізико-технічний факультет»,
протокол № 8 від 26.08.2022 р.
Голова вченої ради
ННІ «Фізико-технічний факультет»

Сергій ЛИТОВЧЕНКО

ПРОГРАМА

Атестаційного екзамену «Прикладна фізика»

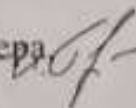
Галузь знань 10 Природничі науки

Спеціальність 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Освітня програма «Прикладна фізика»

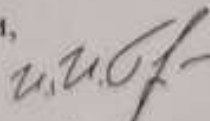
Погоджено:

Завідувач кафедри фізики ядра
та високих енергій імені О.І. Ахієзера
академік НАН України, проф.



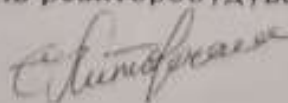
Микола ШУЛЬГА

Завідувач кафедри
прикладної фізики та фізики плазми,
академік НАН України, проф.



Ігор ГАРКУША

Завідувач кафедри матеріалів реакторобудування
та фізичних технологій,
д.т.н., проф.



Сергій ЛИТОВЧЕНКО

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета атестаційного екзамену з прикладної фізики – оцінювання рівня професійної компетентності, ступеня засвоєння освітньо-професійної програми підготовки, та атестація фахівця на відповідність освітньо-кваліфікаційному рівню «бакалавр» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» освітньої програми « Прикладна фізика»:

- засвоєння випускниками теоретичних основ структури та властивостей атомів, молекул, електронних властивостей твердих тіл, ядер та елементарних частинок на основі класичної фізики доповненої елементами квантової фізики;

- оволодіння методами розв'язування задач зі знаходження характеристик указаних частинок матерії та дослідження процесів, що протікають при взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною;

- засвоєння методів експериментального дослідження характеристик атомів, ядер та молекул і набуття відповідних експериментальних навичок;

- засвоєння знань з фізики атомів та молекул, які необхідні для розуміння, дослідження, пояснення та передбачення в галузі сучасної фізики.

Атестаційний екзамен проводиться у встановлені терміни згідно наказу по університету. Перед екзаменом спеціалісти випускової профільної кафедри забезпечують проведення консультацій з ключових питань випробування.

Комплексний екзамен приймає екзаменаційна комісія (ЕК), склад якої затверджується окремим наказом ректора.

2. ПРОГРАМА ЕКЗАМЕНУ

Програма атестаційного екзамену «Прикладна фізика» містить ключові питання з професійно-орієнтованої дисципліни нормативної частини програми підготовки бакалаврів «Атомно-ядерна фізика».

Метою викладання навчальної дисципліни є надання студентам сучасних уявлень про будову атома, молекул, твердих тіл та ядер на основі квантової механіки, основні методи розв'язання задач за цими розділами та

методи експериментального та теоретичного дослідження цих фізичних об'єктів.

Зміст дисципліни розкривається у двох частинах: Частина 1. Атомна фізика та Частина 2. Ядерна фізика.

Теми та питання, винесені на атестацію:

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 невизначеностей 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 типа

гармонічного осцилятора. Правило відбору за коливальним квантовим числом ν . 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 багатоелектронних 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: jj - 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. Масштаби 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.

Список рекомендованих джерел:

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 ed.), 2003. 686 p.

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.
http://atom.univ.kiev.ua/2016/prof/kadenko_pluyko.pdf
5. Лукіянець Б.А., Понеділок Г.В., Рудавський Ю.К. Основи квантової фізики: Навч. посібник. Львів: Вид. Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 420 с.
6. Ільчук Г.А., Кушнір О.С., Бовгира О.В., Кашуба А.І. Атомна фізика: збірник задач: навч. посібн. За ред. Лопатинського І.Є. 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.
8. Гайда Р.П. Атомна фізика. Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1965. 356 с.
9. Бушок Г.Ф. Курс фізики. Книга 3: Оптика. Фізика атома та атомного ядра. Київ : Вища школа. 2003. 311 с.
10. Вакарчук І.О. Квантова механіка: Підручник. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 784 с.
11. Кобушкін О. П. Атомна фізика : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 310 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26381/2/Atomna_fizyka.pdf
12. Ніцук Ю.А. Ядерна фізика : навч. посібник для студентів фізичних факультетів університетів. ОНУ імені П Мечникова, Одеса, 2008. 168 с.
https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/57200/mod_resource/content/1/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%20%D1%84%D1%96%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf
13. Булавін Л.А., Тартаковський В.К. Б 90 Ядерна фізика: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.:Знання, 2005. – 439 с.
https://www.researchgate.net/profile/Leonid-Bulavin/publication/260094688_Nuclear_Physics/links/0f31752fdbed41b060000000/Nuclear-Physics.pdf

3. СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНУ ТА МЕТОДИКА ЙОГО ПРОВЕДЕННЯ

Атестаційний екзамен є методом об'єктивного контролю якості вищої освіти фахової підготовки студентів. Рівень фахової підготовки встановлюється опосередковано за допомогою різних за формою завдань і складається з двох частин, що дозволяє перевірити сформованість відповідних компетентностей:

1) теоретичної – письмова перевірка знань з кожного розділу дисципліни, що входить до програми кваліфікаційного іспиту.

2) практичної – письмове розв'язання із відповідним аналізом та висновками розрахунково-аналітичного завдання з вищезгаданої дисципліни, що входить до програми кваліфікаційного іспиту.

Процедура проведення атестаційного екзамену:

1. На екзамені кожен студент групи отримує бланк для написання відповіді. Викладач проводить інструктування щодо заповнення бланка відповіді. У бланку кожен студент повинен зазначити власні реквізити (групу, прізвище, ініціали), дату проведення екзамену.

2. Екзаменаційна комісія відкриває конверт з білетами. Отримавши білет, кожен студент у бланку відповідей фіксує його номер.

3. На першому етапі екзамену проходить розгорнута письмова відповідь на два теоретичних питання з фахової дисципліни підготовки бакалавра протягом 120 хвилин.

4. На другому етапі – письмове виконання розрахунково-аналітичного завдання протягом 60 хвилин.

5. Після перевірки та усного обговорення членами ЕК письмових екзаменаційних робіт студента члени ЕК виставляють підсумкові оцінки.

4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ

При формуванні загальної оцінки виходити з того, що у структурі атестаційного екзамену питання теоретичної частини завдання становлять 60 %

(теоретичне питання з розділу 1 (П1), теоретичне питання з розділу 2 (П2), кожне по 30 балів), а комплексні розрахунково-аналітичні завдання – 40 % (одна розрахункова задача (П3) – 40 балів).

Виконання кожного завдання оцінюється балом по шкалі від 0 до 100, наведеним у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Відповідності балів та критеріїв оцінювання атестаційного іспиту студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповідей на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недоброчесність.	
2	0	Відсутність відповіді	Відсутні необхідні для розв'язку закони, розв'язок взагалі відсутній
3	1-19	Часткова відповідь з критичними помилками та суперечностями. Наведено лише визначення окремих термінів, які входять до тематики сформульованого питання	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі, наведено частину основних фізичних законів та рівнянь, відсутнє рішення
4	20-39	Неповна відповідь з низкою некритичних помилок та суперечностей. Наведено лише загальні відомості з тематики питання.	Додатково до п. 3 вказано метод розв'язання задачі, частину основних фізичних законів та рівнянь, відсутнє рішення
5	40-49	Неповна відповідь з низкою некритичних помилок та суперечностей. Наведено нечітку, неконкретну та неповну відповідь	Додатково до п. 4 за правильного вибору методу розв'язання допущено грубі критичні помилки, відсутнє рішення
6	50-59	Неповна та нечітка відповідь з окремими некритичними помилками та суперечностями.	Додатково до п. 5 за правильного вибору методу розв'язання не завершено. Кінцева формула не наведена.

7	60-69	Неповна відповідь з 1 – 2 незначними помилками та неточностями.	Додатково до п. 6 за правильного вибору методу наведено лише кінцеву формулу без обрахунків та аналізу
8	70-79	Наведено правильну в цілому відповідь з окремими порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій. Є зауваження до оформлення відповіді, що ускладнює розуміння тексту	Задачу доведено до правильної кінцевої формули, розрахунок зроблено з помилкою, не перевірено розмірність
9	80-89	Повна розгорнута правильна відповідь з окремими незначними неточностями. Є зауваження до оформлення тексту або ілюстрацій.	Задачу доведено до правильної кінцевої формули, розрахунок зроблено вірно, не перевірено розмірність, відсутній аналіз результату.
10	90-100	Повна розгорнута з точки зору сучасних наукових фізичних уявлень відповідь без помилок. Додатково оцінюється стиль та грамотність викладання матеріалу.	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення

Загальна оцінка єдиного атестаційного іспиту за шкалою від 0 до 100 балів розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = 0,3 \times \text{П1} + 0,3 \times \text{П2} + 0,4 \times \text{П3},$$

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

Якщо «Оцінка» не є цілим числом, то результат округлюється до цілого показника у бік збільшення.

Відповідність балів оцінці за національною чотирирівневою шкалою наведена у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Відповідності балів та оцінки за національною шкалою при складанні атестаційного екзамену студентами освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

Бали	За національною шкалою
90-100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно