

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

«Взаємодія випромінювання з речовиною»

спеціальність: Е6 «Прикладна фізика та наноматеріали»

за освітньою програмою «Медична фізика»

другий (магістерський) рівень вищої освіти

Харків 2025

Частина 1. Взаємодія випромінювань з речовиною.

Класичний опис зіткнення двох тіл.

Розсіювання у відносній системі відліку та в системі центру інерції. Закони збереження та рівняння руху. Системи відліку. Кути відхилення і прицільна відстань. Розсіювання в системі центру інерції та його властивості. Розсіювання в лабораторній системі відліку. Векторна діаграма процесу розсіювання. Передана енергія та кути відхилення. Переріз розсіювання. Диференційний переріз у відносній системі відліку. Зв'язок прицільної відстані, потенціалу розсіювання і диференційного перерізу. Перетворення до лабораторної системи відліку. Перетворення до змінних, що відрізняються від кутів відхилення. Загальні диференційні перерізи. Повний та парціальні перерізи. Переріз каналу реакції. Загальні поняття про пучки, що взаємодіють із мішенями. Флюенс. Макроскопічний переріз процесу.

Основи квантового опису розсіювання

Межі класичного опису розсіювання. Амплітуда розсіювання. Зв'язок амплітуди розсіювання з диференційним перерізом. Форм-фактор. Теорія розсіювання, яке не залежить від часу. Метод парціальних хвиль. Парціальні фазові зсуви. Зв'язок парціальних фазових зсувів з диференційним перерізом. Межі застосування методу. Наближення Борна та межі його застосування. Вищі порядки теорії збурень для процесів розсіювання.

Пружні зіткнення заряджених частинок з атомами

Потенціал r^{-1} . Диференційний переріз розсіювання при електростатичній взаємодії. Загальний вигляд диференційного перерізу. Кути відхилення. Диференційний переріз передачі енергії. Взаємодія електронів з атомним ядром. Формула розсіювання Резерфорда. Релятивістський опис розсіювання швидких електронів. Формула Дарвіна-Резерфорда. Межі застосування класичної релятивістської механіки. Релятивістський квантовий переріз розсіювання електронів на точковому ядрі. Поняття про розсіювання Мотта. Гальмівне випромінювання електронів. Проблема міжатомних потенціалів. Потенціали Томаса-Фермі, Бора, Борна-Майєра і ступеневий потенціал. Формула Резерфорда і диференційні перерізи розсіювання важких іонів.

Зіткнення нейтральних частинок з атомами

Потенціал жорсткої серцевини. Загальний вигляд диференційного перерізу. Диференційний переріз пружного розсіювання та кути відхилення при розсіюванні нейтральної частинки. Розсіювання швидких нейтронів. Залежність перерізу розсіювання від енергії нейтронів. Розсіювання гамма-квантів. Диференційний переріз комптонівського розсіювання. Фотоелектричний ефект. Народження пари електрон-позитрон. Фотоядерні реакції. Непружні зіткнення атомів. Кінетика непружного розсіювання. Векторна діаграма процесів непружного розсіювання. Кути відхилення і непружні втрати енергії. Фізичні аспекти процесів непружного розсіювання. Перехідні двохатомні системи.

Доля налітаючої частинки

Траєкторія частинки. Зовнішнє і внутрішнє опромінення. Поверхневе і зворотнє розсіювання. Поняття пробігу. Лінійний, векторний, поздовжній і поперечний пробіги. Розподіл Гауса для лінійного пробігу. Розподіл для кінцевих кутів відхилення. Середній лінійний пробіг. Просторовий розподіл точок зупинки частинок. Середній поздовжній пробіг. Відстань вільного пробігу. Середня енергія, що втрачається при

одному зіткненні. Гальмівна здатність. Зв'язок гальмівної здатності з диференціальним та повним перерізами розсіювання. Переріз гальмування і фізичні процеси гальмування. Залежність лінійного пробігу від перерізу гальмування і густини речовини. Розкид енергії, що втрачається.

Гальмування важких іонів

Гальмування електронами. Головні властивості процесів збудження атомів, іонізації та обміну електронами. Повна гальмівна здатність. Залежність процесів збудження, іонізації та обміну електронами від швидкості іона. Гальмівна здатність і коефіцієнт гальмування швидких іонів. Енергія іонізації. Гальмівна здатність важких іонів при невеликій швидкості. Ядерне гальмування та його властивості. Квантовомеханічний опис коефіцієнта гальмування. Середня енергія збудження атома. Роль внутрішніх оболонок атомів мішені та збудження хвильових функцій атомних електронів. Формула Блоха для середньої енергії збудження. Гальмівна здатність сполук. Правило Брега. Лінійний пробіг важких іонів. Формули розрахунку середнього лінійного пробігу у речовині за даними пробігу протонів або альфа-частинок. Залежність пробігу від термодинамічних параметрів речовини.

Гальмування швидких електронів і позитронів, нейтронів і гамма-квантів

Процеси гальмування електронів і позитронів. Гальмування при збудженні і іонізації атомів мішені. Гальмівне випромінювання. Формула Бете-Гайтлера для співвідношення іонізаційних та радіаційних втрат енергії. Зіткнення з електронною плазмою мішені. Ефект густини. Випромінювання Черенкова. Розкид енергій. Багаторазове розсіювання. Лінійний пробіг та розкид пробігів. Процеси гальмування швидких і теплових нейтронів. Пружне і непружне ядерне розсіювання. Довжина вільного пробігу. Енергетичні втрати. Гальмування гамма-квантів. Зменшення флюенса і енергії гамма-квантів при комптонівському розсіянні, фотоэффекті і народженні пар. Коефіцієнти лінійного поглинання гамма-квантів і енергії пучка.

Частина 2. Радіобіологія.

Утворення дефектів і радіаційних пошкоджень в простих мішенях

Точкові дефекти у кристалах і їх утворення. Дефекти Шоттки і Френкеля. Процеси зсуву. Напрямки легкого зсуву. Атермічна або спонтанна рекомбінація дефектів. Рекомбінаційний об'єм. Енергетичний поріг зсуву. Вірогідність зсуву у заданому напрямку. Переріз зсуву. Каскади зсувів. Число зсувів у каскаді. Залежність числа зсувів від втрати енергії налітаючої частинки.

Фізичні основи дозиметрії

Методи реєстрації випромінювань. Джерела випромінювань. Відносна біологічна ефективність різних видів випромінювань. Еквівалентна доза і коефіцієнт якості випромінювання. Дозиметричні і мікродозиметричні характеристики випромінювання. Просторовий розподіл дефектів.

Рівні радіобіологічних процесів

Взаємозв'язок і особливості дії випромінювань на фізичному, хімічному, біохімічному і біологічному рівнях. Засади моделювання біологічних ефектів випромінювання. Фізичні моделі дії випромінювання. Загальна теорія мішені і влучання. Радіочутливий об'єм. Фактор перекривання. Аналіз "одноударних" та "багатоударних" кривих. Переваги та недоліки фізичних моделей.

Уявлення про біологічну дію випромінювань

Теорія прямої дії випромінювання. Фізичні процеси при прямій дії випромінювання. Залежність $M_{\text{фіз.-хім.}}$ і $M_{\text{рад.}}$. Інактивація макромолекул при прямій дії. Пряма дія випромінювання на ферменти. Пряма дія випромінювання на нуклеїнові кислоти. Структурні ушкодження ДНК. Структурні ушкодження ферментів. Теорія непрямої дії випромінювань. Порівняльні характеристики продуктів радіолізу води. Характеристики непрямої дії випромінювань у водних розчинах. Модифікація променевого враження молекул у розчинах. Інактивація макромолекул у розчинах води. Радіаційно-хімічний вихід.

Дія випромінювань на клітину, орган і організм

Первинні фізико-хімічні процеси в опроміненій клітині. Аналіз механізмів променевого враження клітин. Молекулярні механізми репродуктивної загибелі клітин. Дія радіації на клітини, які не діляться або діляться повільно. Поняття репарації. Порівняльна радіочутливість організмів. Дія випромінювання на ссавців. Гостра та хронічна променева хвороба.

Частина 3. Охорона праці

Законодавство України по охороні праці

Визначення поняття „охорона праці”. Конституція України про охорону праці і здоров'я громадян: статті 43, 45, 49, 50. Склад законодавства України про охорону праці. Класифікація правил і норм техніки безпеки. Відповідальність посадових осіб за порушення законодавства про охорону праці. Обов'язки робітників по виконанню вимог нормативно-правових актів про охорону праці. Види інструктажу. Робота в шкідливих умовах.

Основи техніки безпеки

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Забезпечення робітників, що задіяні в шкідливих та тяжких умовах праці. Дія електричного струму на організм людини. Види електричних травм. Характеристика загальних електротравм за ступенем тяжкості. Електричний опір тіла людини. Вплив величини та частоти струму на пошкодження людини. Перша (долікарська) допомога при ушкодженні електричним струмом. Технологія виконання штучного дихання. Непрямий (зовнішній) масаж серця. Мета та завдання пожежної охорони. Визначення поняття „пожежа”. Небезпечні фактори пожежі та вибуху, нормативна ймовірність пожежі. Визначення поняття „горіння”, необхідні умови горіння. Повні і неповні продукти горіння. Рекомендовані розміри проходів, коридорів, дверей, маршів в виробничих приміщеннях з урахуванням норм пожежної безпеки. Спектр електромагнітних хвиль. Види радіоактивних випромінювань. Природний радіаційний фон Землі. Джерела радіації які діють на людину в процесі життя. Радіаційна чутливість різних тканин людини.

КРИТЕРІЇ

оцінювання рівня знань студентів

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 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 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 фахового вступного випробування за шкалою від 100 до 200 балів розраховується за формулою:

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

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

3. Якщо «Загальна 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. Classical Mechanics / H. Goldstein, C. P. Poole, J. L. Safko, Addison-Wesley; 3rd edition, 2001, 638 pages.
2. Quantum Mechanics: Non-Relativistic Theory: Volume 3 (Course of Theoretical Physics S) / L. D. Landau, E. M. Lifshitz, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK; 3rd edition, 1981, 689 pages.
3. Гродзинський Д.М. Радіобіологія: Підручник. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2001. – 448 с.
4. Гудков І.М.. Радіобіологія: Підручник для вищ. навчальних закладів. – К.: НУБіП України, 2016. – 485 с.; табл. 50. Іл. 105. Бібліограф.: 30 назв.
5. Давиденко В.М. Радіобіологія / В.М. Давиденко – Миколаїв: Видав.МДАУ, 2011. – 265 с.
6. Вибрані лекції з курсу «Радіаційна біофізика» для магістрів кафедри біофізики Навчально-наукового центру «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка: навч.-метод. розроб. / упорядн. К.І. Богуцька, Ю.І. Прилуцький, Ю.П. Склярів. – К.: Поліграфічна дільниця Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, 2012. – 88 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

(додаткова)

1. Mechanics: Volume 1 (Course of Theoretical Physics S) / L. D. Landau, E. M. Lifshitz, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK; 3rd edition, 1976, 200 pages.
2. Quantum Electrodynamics: Volume 4 (Course of Theoretical Physics S) / V. B. Berestetsky, E. M. Lifshitz and L. P. Pitaevskii, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK; 2nd edition, 1982, 672 pages.
3. Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students / editor E.B. Podgorsak; Vienna: International Atomic Energy Agency, 2005.
4. Basic Clinical Radiobiology / edited by Michael Joiner and Albert van der Kogel; A Hodder Arnold Publication; 4th edition, 2009.
5. Radiobiology for the Radiologist / HALL E.J., Lippincott, Philadelphia, PA; 5th edition 2000.
6. An Introduction to Radiobiology / M.Tubiana, J.Dutreix, A. Wambersie, Taylor&Francis, London, 1990.
7. Радіаційна медицина: підручник / Д.А. Бази́ка, Г.В. Кулі́ніч, М.І. Пили́пенко; за ред. чл.-кор. НАМН України, проф. М.І. Пили́пенка. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 232 с. +6 с. кольор.вкл.
8. Основи радіаційної медицини: Навч. посібник / О. П. Овчаренко, А. П. Лазар, Р. П. Матюшко. — Одеса: Одес. держ. мед. ун-т, 2002. — 208 с. — (Б-ка студента-медика).

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.