

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ «ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ»
Кафедра медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

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»

Освітньо-професійна програма «Медична фізика»

Погоджено:

Завідувач кафедри медичної фізики
та біомедичних нанотехнологій,
член-кор. НАН України, д.ф.-м.н., доц.

Валерія ТРУСОВА

Гарант освітньо-професійної програми
«Медична фізика», к.ф.-м.н.

Ірина ШЕІНА

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» освітньо-професійної програми «Медична фізика»:

- засвоєння випускниками теоретичних основ основ теорії розсіяння та її взаємозв'язку з фізичними процесами поглинання енергії випромінювання;

- засвоєння знань про особливості специфіки взаємодії основних видів радіаційного випромінювання з біологічними об'єктами та первинних радіаційних пошкоджень а також феноменології променевого ураження на клітинному та організменному рівнях;

- засвоєнні методів радіаційної модифікації біоструктур;

- вивченні основ радіопротекторного захисту організму від іонізуючого випромінювання, а також сучасних методів діагностики, профілактики та лікування радіаційних уражень.

Атестаційний екзамен проводиться у встановлені терміни згідно наказу по університету. Перед екзаменом спеціалісти з дисциплін, що входять до програми кваліфікаційного іспиту, 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 «Взаємодія випромінювання з речовиною та радіобіологія».

Метою викладання навчальної дисципліни полягає у засвоєнні основних видів радіаційного випромінювання та їх дії на речовину; специфіки взаємодії з біологічними об'єктами та первинних радіаційних пошкоджень; ознайомленні з методами радіаційної модифікації біоструктур; вивченні основ радіопротекторного захисту організму від іонізуючого випромінювання, а також сучасних методів діагностики, профілактики та лікування радіаційних уражень.

Зміст дисципліни «Взаємодія випромінювання з речовиною та радіобіологія» розкривається у п'ятих розділах: Розділ 1. Теорія зіткнень та розсіяння частинок, Розділ 2. Гальмування частинок та утворення дефектів і радіаційних пошкоджень, Розділ 3. Основи радіобіології. Дозиметрія іонізуючого випромінювання, Розділ 4. Радіобіологія молекул та клітин та Розділ 5. Радіобіологія організму людини.

Теми та питання, винесені на атестацію:

Розділ 1. Теорія зіткнень та розсіяння частинок

Класичний опис зіткнення двох тіл. Розсіяння у відносній системі відліку та в системі центру інерції. Закони збереження та рівняння руху. Кути відхилення і прицільна відстань у відносній системі відліку. Розсіяння в системі центру інерції та в лабораторній системі відліку. Векторна діаграма процесу розсіяння. Передана енергія та кути відхилення.

Переріз розсіювання. Загальні поняття радіаційної фізики. Диференційний переріз у відносній системі відліку. Зв'язок прицільної відстані, потенціалу розсіяння і диференційного перерізу. Перетворення до лабораторної системи відліку. Перетворення до змінних, що відрізняються від кутів відхилення. Повний та парціальні перерізи. Переріз каналу реакції. Макроскопічний переріз процесу. Відстань вільного пробігу.

Квантовий опис розсіювання. Межи класичного опису. Зв'язок амплітуди розсіяння з диференційним перерізом. Теорія розсіяння, яке не залежить від часу. Метод парціальних хвиль. Парціальні фазові зсуви. Зв'язок парціальних фазових зсувів з диференційним перерізом. Повний переріз при пружному та непружному розсіюванні. Наближення Борна та межи його застосування. Вищі порядки теорії збурень для процесів розсіяння.

Зіткнення заряджених частинок з атомами. Види іонізуючих випромінювань. Диференційний переріз розсіяння при електростатичній взаємодії. Загальний вигляд диференційного перерізу. Кути відхилення. Диференційний переріз передачі енергії. Формула розсіяння Резерфорда. Релятивістський опис розсіяння швидких електронів. Формула Дарвіна-Резерфорда. Межи застосування класичної релятивістської механіки. Розсіяння мотта. Гальмівне випромінювання електронів. Проблема міжатомних потенціалів. Потенціали Томаса-Фермі, Бора, Борна-Майера і ступеневий потенціал. Формула Резерфорда і диференційні перерізи розсіяння важких іонів.

Зіткнення нейтральних частинок з атомами. Потенціал жорсткої серцевини. Загальний вигляд диференційного перерізу. Диференційний переріз пружного розсіяння та кути відхилення при розсіянні нейтральної частинки. Розсіяння швидких нейтронів. Залежність перерізу розсіяння від енергії нейтронів. Розсіяння гамма-квантів. Диференційний переріз комптонівського розсіяння. Фотоелектричний ефект. Народження пари електрон-позитрон. Фотоядерні реакції. Непружні зіткнення. Кінетика непружного розсіяння. Векторна діаграма процесів непружного розсіяння. Кути відхилення і непружні втрати енергії. Фізичні аспекти процесів

непружного розсіяння.

Доля налітаючої частинки. Траєкторія частинки. Зовнішнє і внутрішнє опромінення. Поверхнєве і зворотнє розсіяння. Лінійний, векторний, поздовжній і поперечний пробіги. Розподіл гаусса для лінійного пробігу. Розподіл для кінцевих кутів відхилення. Середній лінійний пробіг. Просторовий розподіл точок зупинки частинок. Середній поздовжній пробіг. Середня енергія, що втрачається при одному зіткненні. Гальмівна здатність. Переріз гальмування. Залежність лінійного пробігу від перерізу гальмування. Розкид енергії, що втрачається. Збудження ядер та ядерні реакції. Гальмівне випромінювання. Випромінювання черенкова.

Розділ 2. Гальмування частинок та утворення дефектів і радіаційних пошкоджень.

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

Гальмування швидких електронів і позитронів. Процеси гальмування. 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 розсіяння. Лінійний пробіг та розкид пробігів.

Гальмування нейтронів і гамма-квантів. Швидкі і теплові нейтрони. Пружне і neprужне ядерне розсіяння. Довжина вільного пробігу. Енергетичні втрати. Гальмування гамма-квантів. Зменшення флюенса і енергії гамма-квантів при комптонівському розсіянні, фотоефекті і народженні пар. Коефіцієнти лінійного поглинання гамма-квантів і енергії пучка.

Утворення дефектів і радіаційних пошкоджень в простих мішенях. Точкові дефекти. Дефект 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. Дозиметричні і мікродозиметричні характеристики випромінювання.

Фізичні засади радіобіології. Рівні радіаційних і радіобіологічних процесів. Взаємозв'язок дії випромінювання на фізичному, хімічному, біохімічному і біологічному рівнях. Моделювання біологічних ефектів. Фізичні моделі радіобіології для простих мішеней. Загальний принцип мішені і влучання. Радіочутливий об'єм. Багатоударні процеси.

Розділ 3. Основи радіобіології. Дозиметрія іонізуючого випромінювання

Предмет і задачі радіобіології. Радіобіологія як наука. Рівні радіобіологічних процесів. Розділи радіобіології та її зв'язок з іншими науками. Етапи розвитку радіобіології.

Види іонізуючого випромінювання (ів) та їх властивості. Взаємодія різних видів ів з речовиною. Види ів. Природні та штучні джерела ів. Фізичні механізми поглинання гамма та рентгенівського випромінювання. Механізми поглинання нейтронного випромінювання. Механізми поглинання енергії прискорених частинок.

Дозиметрія іонізуючого випромінювання. Флюенс. Поглинута доза, керма. Експозиційна доза. Еквівалентна доза. Дозиметричні величини, що використовуються для оцінки ризику розвитку ефектів опромінення.

Методи реєстрації іонізуючого випромінювання. Дозиметри та їх властивості. Іонізаційний метод дозиметрії. Напівпровідникові детектори ів. Фотографічний метод дозиметрії. Люмінесцентний метод дозиметрії. Нейтронна дозиметрія. Інші види дозиметрів.

Ефекти лінійної передачі енергії. Просторовий розподіл іонів. Лінійна передача енергії (лпе). Відносна біологічна ефективність (вбе) різних видів випромінювання. Залежність лпе від вбе.

Розділ 4. Радіобіологія молекул та клітин

Загальна картина променевого ураження молекул та клітин. Криві виживаності клітин. Теорія прямої та непрямої дії випромінювання. Концепція попадання та теорія мішені. Лінійно-квадратична модель.

Радіаційно-хімічні перетворення води. Механізм променевого ураження макромолекул. Радіоліз води.

Інактивація молекул прямою дією ІВ. Феноменологічний аналіз променевого ураження макромолекул. Пряма дія випромінювання на ферменти. Пряма дія випромінювання на нуклеїнові кислоти.

Інактивація макромолекул у водних розчинах. Непряма дія ІВ. Реакція розчинених органічних молекул з продуктами радіолізу води. Реакція радикалів органічних молекул, що призводять до утворення стабільних продуктів. Інактивація молекул білків та нуклеїнових кислот у водних розчинах.

Моделі біологічної дії ІВ. Стохастична теорія. Імовірнісна модель радіаційного ураження клітини. Гіпотеза ліпідних радіотоксинів та ланцюгових реакцій. Структурно-метаболична теорія А.М. Кузіна.

Дія ІВ на клітину. Види клітинної загибелі. Радіочутливість клітин на різних стадіях клітинного циклу. Молекулярні механізми репродуктивної загибелі клітин. Інтерфазна загибель клітин. Роль клітинних мембран у радіаційному ураженні клітин.

Розділ 5. Радіобіологія організму людини

Радіочутливість тканин та органів організму. Основні радіаційні синдроми при загальному опроміненні. Система клітинного оновлення. Поняття тканинної радіочутливості.

Дія ІВ на ссавців. Гостра та хронічна променеві хвороби. Дія ІВ на ссавців та організм людини. Променева хвороба людини. Форми прояву променевої хвороби.

Модифікація радіаційної відповіді організму. Радіопротектори. Хімічний захист від променевого ураження. Кисневий ефект. Радіосенсибілізатори.

Захист організму від дії ІВ. Сенсибілізатори опромінення. Гіпертермія. Кисень. Протектори.

Список рекомендованих джерел:

1. Classical Mechanics / Н. Goldstein, С. Р. 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. Лейман К. Взаимодействие излучения с твердым телом и образование элементарных дефектов. – М.: Атомиздат, 1979. -296с.
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.
7. Mechanics: Volume 1 (Course of Theoretical Physics S) / L. D. Landau, E. M. Lifshitz, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK; 3rd edition, 1976, 200 pages.
8. 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.
9. Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students / editor E.B. Podgorsak; Vienna: International Atomic Energy Agency, 2005.
10. Basic Clinical Radiobiology / edited by Michael Joiner and Albert van der Kogel; A Hodder Arnold Publication; 4th edition, 2009.
11. Radiobiology for the Radiologist / HALL E.J., Lippincott, Philadelphia, PA; 5th edition 2000.
12. An Introduction to Radiobiology / M.Tubiana, J.Dutreix, A.Wambersie, Taylor&Francis, London, 1990.
13. Радіаційна медицина: підручник / Д.А. Базика, Г.В. Кулініч, М.І. Пилипенко; за ред. чл.-кор. НАМН України, проф. М.І. Пилипенка. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 232 с. +6 с. кольор.вкл.
14. 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).

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 завдань і складається з письмової перевірки знань з дисципліни «Взаємодія випромінювання з речовиною та радіобіологія», 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. При проведенні екзамену в дистанційному форматі, білет визначається за допомогою генератора випадкових чисел.

3. На першому етапі екзамену проходить розгорнута письмова відповідь на три теоретичних питання з фахової дисципліни підготовки бакалавра «Взаємодія випромінювання з речовиною та радіобіологія» протягом 120 хвилин.

45. 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 структуру атестаційного екзамену входить теоретичне питання з розділу 1 (П1), теоретичне питання з розділу 2 або розділу 3 (П2) та одне теоретичне питання з розділів 4 або 5 (П3).

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
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недобросовісність.
2	0	Відсутність відповіді
3	1-19	Часткова відповідь з критичними помилками та суперечностями. Наведено лише визначення окремих термінів, які входять до тематики сформульованого питання
4	20-39	Неповна відповідь з низкою некритичних помилок та суперечностей. Наведено лише загальні відомості з тематики питання.
5	40-49	Неповна відповідь з низкою некритичних помилок та суперечностей. Наведено нечітку, неконкретну та

		неповну відповідь
6	50-59	Неповна та нечітка відповідь з окремими некритичними помилками та суперечностями.
7	60-69	Неповна відповідь з 1 – 2 незначними помилками та неточностями.
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
9	80-89	Повна розгорнута правильна відповідь з окремими незначними неточностями. Є зауваження до оформлення тексту або ілюстрацій.
10	90-100	Повна розгорнута з точки зору сучасних наукових фізичних уявлень відповідь без помилок. Додатково оцінюється стиль та грамотність викладання матеріалу.

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

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

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