

Фізико-технічний факультет
Кафедра ядерної та медичної фізики

ПРОГРАМА
Спецкурсу « ЯДЕРНА ФІЗИКА» (7 семестр, **74** год).

№ п/п	Зміст	
I	ВЛАСТИВОСТІ СТАБІЛЬНИХ ЯДЕР	
1	Загальні властивості ядерних сил і нуклонів Основні характеристики нейтрона та протона. Загальні властивості ядерних сил.	
2	Заряд і маса ядра Електричний і баріонний заряд. Маса ядер і нуклонів. Мас - спектрометрія ядер, принцип пристроїв мас-спектрометрів. Вимір маси по енергетичному балансу ядерних реакцій. Вимір маси нейтрона.	
3	Енергія зв'язку ядер Поверхня питомої енергії зв'язку. Енергія відділення нуклона. Аналіз питомої енергії зв'язку і властивості ядерних сил. Границя стійкості ядер. Екзотичні ядра.	
4	Розподіл заряду і матерії в ядрі. Радіуси ядер Методи їхнього виміру. Середньоквадратичний радіус та радіус однорідного еквівалентного розподілу.	
5	Квантові характеристики ядерних станів Ядро як квантово-механічна система. Основні і збуджені стани, енергії ядерних станів, їх вимір. Момент кількості руху, збереження моменту в ядерних перетвореннях. Парність станів, збереження парності в ядерних взаємодіях. Ізотопічний спіні, збереження в сильних взаємодіях. Ізобар - аналогові стани.	
6	Електромагнітні моменти ядер Електромагнітні мультиполі. Визначення електричних та магнітних моментів. Доказ рівності нулю електричного дипольного моменту ядерного стану. Електричний квадрупольний і магнітний дипольний моменти. Внутрішній квадрупольний момент. Методи виміру електромагнітних моментів.	
II	МОДЕЛІ ЯДЕР	
7	Огляд моделей Два класи моделей: колективні моделі і моделі незалежних часток	
8	Модель рідкої краплі Ядро як рідка крапля. Густина ядерної матерії, довжина вільного пробігу нуклона в ядрі. Формула Вайцекера енергії зв'язку ядер. Колективні моди руху і загальна формула для опису довільної поверхні. Дипольні, квадрупольні та 2L - польні коливання. Вібраційна модель ядра.	
9	Оболонкова модель ядра Принцип Паулі й обґрунтування моделей незалежних часток. Експериментальне підтвердження існування оболонок у ядрах. Усереднений ядерний потенціал. Стани частинки в сферичному радіальному потенціалі. Проблема пояснення магічних чисел і підбор потенціалу ядра. Спін - орбітальна взаємодія. Опис квантових характеристик легких ядер.	
10	Узагальнена модель ядра Рівноважна деформація в ядрі. Обертальні стани. Енергія і спіні станів обертальної смуги, правило інтервалів. Обертально - вібраційний спектр. Одночастинкові стани в несферичній потенційній ямі. Розрахунки Нільсона. Розщеплення станів.	

N п/п	Зміст	
III	РАДІОАКТИВНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЯДЕР	
11	Загальні закономірності розпадів Статистичний характер розпаду. Основний закон радіоактивного розпаду. Одна речовина. Послідовне перетворення декількох речовин. Флуктуації розпаду. Вікова рівновага. Основи активаційного елементного аналізу.	
12	Альфа – розпад Огляд основних експериментальних результатів. Тонка структура альфа-спектрів, довгопробіжні альфа –частинки Енергетичний розгляд альфа-розпаду, закони збереження. Механізм альфа-розпаду. Кулонівський і відцентровий бар'єри, проникність бар'єру. Закон Гейгера - Неттола.	
13	Бета – розпад Три види бета - розпаду. Форма бета-спектру і гіпотеза нейтрино. Досліди по доказу існування нейтрино. Елементи теорії бета-розпаду, правила добору Фермі і Гамова-Теллера Дозволені і заборонені переходи. Опис форми бета-спектра, графік Кюрі. Бета-переходи, заборона по парності.	
14	Гамма - випромінювання ядер Взаємодія ядер з полем електромагнітного випромінювання, довгохвильове наближення. Мультипольність гамма - переходів і правила добору. Приведена імовірність переходів. Одночастинкова оцінка Вайскопфа. Імовірність радіаційних переходів у колективних моделях ядер. Орієнтовані ядра, кутова залежність гамма - випромінювання. Кутові гама - гама кореляції. Збурювання гама - гама кореляцій зовнішнім магнітним полем. Вимір магнітних моментів ядер у збудженому стані. Кореляція поляризації, вимір спінів і парностей ядерних станів. Внутрішня конверсія гамма - променів. 0-0 переходи. Основи гамма - спектроскопії ядер.	
IV	ЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ	
15	Основні поняття і визначення Класифікація реакцій, позначення. Канали реакцій. Перерізи і виходи. Функція збудження. Кутові і енергетичні розподіли продуктів реакції. Диференціальні перерізи.	
16	Закони збереження в ядерних реакціях Збереження енергії і імпульсу, енергетичний баланс. Теплота реакції. Особливості ендотермічних реакцій, поріг реакції. Збереження моменту кількості руху, роль орбітального моменту, відцентровий бар'єр. Збереження парності. Збереження ізотопічного спіну. Правила добору.	
17	Кінематика та загальні властивості ядерних реакцій Кінематичні змінні. Імпульсна діаграма реакції. Обчислення кінематики пружного та непружного розсіювання. Зв'язок ефективних перерізів і кутових розподілів у системах центра мас і лабораторній. Відхилення ефективних перерізів від геометричних при великих довжинах хвиль і високих енергіях частинок, що налітають. Поняття «сірого» ядра. Амплітуда реакції, принцип детальної рівноваги. Перерізи реакцій при низьких енергіях. Поняття про резонансні і нерезонансні реакції.	

N п/п	Зміст	
18	Постановка експерименту по вивченню ядерних реакцій Вимоги, пропоновані до пучків прискорених часток. Параметри основних типів прискорювачів, використовуваних у дослідженнях ядерних реакцій. Ядерні мішені – їхня класифікація, поняття тонкої і товстої мішеней. Системи виміру струму пучка. Основні методи виміру виходів реакцій, кутових і енергетичних розподілів. Добування перерізів з експериментів на прискорювачах – облік кінцевої кутової й енергетичної здатності. Виходи та перерізи з урахуванням кінцевої товщини мішені. Математична обробка та комп'ютерна імітація експериментальних даних.	
V	МЕХАНІЗМИ ТА МОДЕЛІ РЕАКЦІЙ ІЗ НЕЙТРОНАМИ, ЛЕГКИМИ ТА ВАЖКИМИ ІОНАМИ	
19	Складене ядро. Загальні властивості Незалежність розпаду складеного ядра від способу його утворення. Ширина рівня, повна і парціальні ширини. Досліди, що доводять існування складеного ядра. Переріз утворення складеного ядра.	
20	Складене ядро. Резонансні реакції Рівні проміжного ядра. Переріз реакції з врахуванням спинів, формула Брейта-Вігнера. Взаємодія повільних нейтронів з ядрами, радіаційне захоплення – домінуючий процес при низьких енергіях. Переріз в області резонансів, що перекриваються. Силовa функція. Особливості кутових і енергетичних розподілів продуктів ядерних реакцій.	
21	Складене ядро. Реакції в нерезонансній області Статистична модель реакцій. Енергетичні і кутові розподіли продуктів ядерних реакцій. Взаємодія швидких нейтронів з ядрами. Пружне розсіяння – домінуючий процес при цих енергіях. Роль потенційного пружного розсіяння. Реакція непружного розсіяння нейтронів. Уявлення про оптичну модель ядерних реакцій. Методика виміру перерізів розсіяння швидких нейтронів. Переріз повного поглинання і радіус ядра.	
22	Реакції з зарядженими частинками Особливості взаємодії заряджених частинок – кулонівський бар'єр і внесок резерфордівського розсіяння. Формули виходів реакцій на тонких і товстих мішенях. Огляд властивостей реакцій із протонами і альфа-частинками. Оцінка енергії збудження проміжного ядра Оцінка енергії збудження проміжного ядра. Здобування інформації про квантові характеристики ядерних станів.	
23	Реакції із дейтронами Процес неповного проникнення дейтрона в ядро – реакції (d,p), (d,n). Оцінка енергії збудження проміжного ядра (вплив енергії зв'язку дейтрона). Анізотропія розподілів протонів і нейтронів, протиріччя в поясненні відношень виходів протонів і нейтронів. Припущення про прямі ядерні реакції.	
24	Прямі ядерні реакції Визначення прямих реакцій, їхні характерні риси. Дейтронні реакції зриву при енергіях $E_d \gg B_k$. Процес Сербера Дейтронні реакції зриву при енергіях $E_d \leq B_k$. Процес Батлера. Спектроскопія ядерних станів. Реакції (p,2p) і (n,2n) при високих енергіях – кутові і енергетичні розподіли продуктів реакцій. Поняття про квазіпружне розсіяння на нуклонах ядра.	

N п/п	Зміст	
25	Реакції з важкими іонами Велике число відкритих каналів і проблеми ідентифікації продуктів реакцій. Роль кулонівського і відцентрового бар'єрів Механізми реакцій при енергіях іонів ≈ 10 MeV на нуклон: - пружне розсіяння іонів; - дотична взаємодія; - реакції багатонуклонних передач. Формування подвійної ядерної системи і виникнення нейтронно-дефіцитних ядер. Реакції повного злиття. Пошуки трансуранових елементів і проблема границь стійкості ядер. Вивчення реакцій при енергіях до 1 GeV на нуклон – утворення «екзотичних» ядер. Експерименти із екзотичними ядрами.	
VI	ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ВЗАЄМОДІЇ ЯДЕР	
26	Електромагнітні поля мультиполей. Продольна і поперечна взаємодії Продольна і поперечна взаємодії. Віртуальні та реальні гама кванти. Особливості взаємодії: - легких нерелятивістських іонів; - важких іонів; - вискоенергетичних електронів; - фотонів.	
27	Кулонівське збудження Верхня і нижня межі енергій частинок, що налітають. Формула для перерізу в напівкласичному випадку. Функції збудження для різних мультиполей. Кутові розподіли гама-квантів. Роль кулонівського збудження у дослідженні колективних станів ядер. Особливості кулонівського збудження важкими іонами – утворення ядерних станів з високими моментами.	
28	Електроядерні реакції Пружне когерентне і некогерентне розсіяння електронів на нуклонах ядра. Формфактори ядер. Поняття про радіаційні поправки, радіаційний хвіст. Вимірювання розподілу заряду в ядрах. (e, e', p) – експеримент і вимірювання імпульсного розподілу нуклонів. Непружне розсіяння електронів: - моделі перехідної густини, приведені імовірності, мультипольності переходів. Спостереження мультипольних резонансів гігантський дипольний резонанс; pigmi-резонанс.	
29	Фотоядерні реакції Спектр гальмівного гама-випромінювання. Фоторозщеплення дейтрона, пряме викидання протонів. Гігантський дипольний резонанс. Квазідейтронний механізм фотоядерних реакцій.	

Література

1. Л.А. Булавін, В.К. Тартаковський «Ядерна фізика»,
2. К.Н. Мухин «Экспериментальная ядерная физика»,
3. Ю.М. Широков, К.П. Юдин «Ядерная физика»,
4. М. Престон «Физика ядра».

Додаткова література

- Э. Сегре «Экспериментальная ядерная физика»,
А.С. Давыдов «Теория ядра»,
А.Г. Ситенко, В.К. Тартаковський «Лекции по теории ядра»,
Р.Натаф «Модели ядер и ядерная спектроскопия».

Розробник: доц. Онищенко Г.М.

Затверджено кафедрою ядерної та медичної фізики

Протокол № від " " 2012 р.