

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(Университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра Ядерной физики

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
**«Реакции с нейтронами и гамма-
квантами»**

Для направления **010700 «Физика»**

Магистерская программа «Физика ядра и элементарных частиц»

Дубна, 2011

УМК разработан д.ф.-м.н., профессором Э.И.Шараповым _____

Протокол заседания кафедры «Ядерная физика»

№ _____ от « _____ » _____ 20 ____ г.

Заведующий кафедрой _____ /Ю.Ц. Оганесян/

Декан факультета естественных и инженерных наук _____ / А.С. Деникин /
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

“ _____ ” _____ 20 ____ г.

Проректор по учебной работе

к.х.н., доцент С.В. Моржухина

“ _____ ” _____ 20 ____ г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН (РАБОЧАЯ ПРОГРАММА)	5
1. Выписка из ГОС ВПО	10
2. Аннотация	10
3. Цели и задачи дисциплины	11
4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины	11
5. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):	11
6. Разделы (темы) дисциплины.	12
Содержание разделов дисциплины	12
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.	14
Основная литература	14
Дополнительная литература	14
Периодические издания	15
Справочные ресурсы и материалы в Интернет:.....	15
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	15
9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	15
Примерный перечень вопросов к зачету.....	15
10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины	16
Методические рекомендации преподавателю	16
Методические указания студентам	16

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина изучается на 5 курсе в 9 семестре

Целью курса «Реакции с нейтронами и гамма-квантами» является изучение превращений ядер при взаимодействии их с нейтронами и гамма квантами (фотонами) при энергиях ниже порогов образования мезонов, а также приобретение навыков в решении широкого конкретных задач, встречаемых в этой дисциплине. Студенты должны получить представление о нейтронной физике и о взаимодействии фотонов с ядрами, о том, как открывались различные ядерные реакции и о развитии их исследований вплоть до настоящих дней. Помимо детального изложения сути основных ядерных реакций и их эффективных сечений, уделено внимание современным приложениям нейтронных и фотоядерных реакций в астрофизике и практическим приложениям ядерных реакций в нейтронном активационном и фотоядерном анализе состава вещества. При изучении данного курса предполагается наличие у студента знаний по ядерной физике и о процессах взаимодействия излучений с веществом.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН (РАБОЧАЯ ПРОГРАММА)

проректор.....С.В.Моржухина

Учебно-методическая карта дисциплины «Реакции с нейтронами и гамма-квантами»

“.....”.....2011г.

Кафедра Ядерной физики. Направление: Физика. Магистерская программа «Физика ядра и элементарных частиц». курс.5 семестр 10 2011/2012 учебного года, учебный план 2011г.

Виды и содержание учебных занятий													
Но- мер и дата недел и	Лекции (2 час. в неделю)*						Практические занятия (..... час в неделю)	Лабораторные работы (час. в неделю)		Самостоятельная работа студентов			
	В аудитории			Самостоятельное изучение				№	название	Вид Зада- ния	Содержание	Ча- сы	форма контр оля
	Дата лек- ции	час	Содержание	Исп. ТСО	Содержание и раздел учебника (глава, параграф)	Фор- ма контр оля							
1 нед		2	Ядерные реакции, основные понятия		1, 2, 4, гл. 8 § 1-7. 5, гл. 13, § 87-91	К					Ядерные реакции, основные понятия	2	К
2 нед		2	Введение в нейтронную физику		1, 2, 3, 4, гл. 10 § 1 5, гл. 14, § 92	К					Введение в нейтронную физику	3	К
3 нед.		2	Введение в нейтронную физику: источники нейтронов		1, 2, 3, 4, гл. 10 § 1 5, гл. 12, § 85, гл. 14, § 92	К					Источники нейтронов	3	К
4 нед		2	Нейтронные реакции: эффективные сечения		1, 2, 3, 4, гл. 10 § 2,4,5 5, гл. 13, § 88,91 гл. 14, § 93.	К					Эффективные сечения нейтронных реакций	2	К
5 нед		2	Нейтронные реакции: рассеяние нейтронов ядрами		1, 2, 3, 4, гл. 10 § 2,4,5 5, гл. 13, § 88,91 гл. 14, § 99.	К					Рассеяние нейтронов ядрами	2	К
6 нед		2	Нейтронные реакции: нейтронная спектроскопия ядер		1, 2, 3, 4, гл. 10 § 2,4,5 Дополнительная литература.	К					Нейтронная спектроскопия ядер	2	К
7 нед		2	Применения нейтронных реакций: деление ядер под действием нейтронов		1, 2, 3, 4, гл. 10 § 2,4,5 5, гл. 14, § 99.	К					Деление ядер под действием нейтронов	2	К
8 нед		2	Применения нейтронных реакций: примеры задач на ядерные реакции		1, 4, гл. 10 § 2,4,5 5, гл. 13, § 91.	К					Примеры задач на нейтронные ядерные реакции	2	К
9 нед		2	Применения нейтронных реакций: нейтронный активационный анализ		1, 4, гл. 10 § 2,4,5 5, гл. 15, § 92-97.	К					Нейтронный активационный анализ	2	К
10 нед		2	Роль нейтронных реакций в астрофизике.		1,4, гл. 10 § 2,4,5 5, гл. 13, § 91, 5, гл. 15, § 100,102.	К					Роль нейтронных реакций в астрофизике	2	К

11 нед	2	Фотоядерные реакции: источники фотонов	1, 2, 4, гл. 8 § 1-7. 5, гл. 13, § 91.	К				Источники фотонов	3	К	
12 нед	2	Фотоядерные реакции гигантский резонанс сечения фотопоглощения	1, 2, 4, гл. 8 § 1-7. 5, гл. 13, § 91.	К				Гигантский резонанс сечения фотопоглощения	3	К	
13 нед	2	Основы теории фотоядерных реакций и ядерная резонансная флюоресценция	1, 4, гл. 8 § 1-7. Дополнительная литература.	К				Основы теории фотоядерных реакций	4	К	
14 нед	2	Основы теории фотоядерных реакций и ядерная резонансная флюоресценция	1, 4, гл. 8 § 1-7. Дополнительная литература.	К				Ядерная резонансная флюоресценция	4	К	
15 нед	2	Применения фотоядерных реакций и	1, 2, 4, гл. 8 § 1-7. 5, гл. 13, § 91.	К				Применения фотоядерных реакций и их роль в астрофизике	4	К	
16 нед	2	Применения фотоядерных реакций и их роль в астрофизике	5, гл. 15, § 100,102.	К				Подготовка реферата	3	К	
17 нед	2	Электронные базы ядерных данных. Представление и обсуждение рефератов	Дополнительная литература.					Подготовка реферата	2		
								А	Всего	45	
								КТ П	Всего		Зачет

А - задание к практическим занятиям
Л - задание к лабораторным занятиям
К - контрольные задания
Т - типовой расчет
П - курсовой проект

УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА (ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ)

№	Название, автор, год издания	Примечания
1	Ишханов Б.С. Капитонов И. М., Юдин Н. П. Частицы и атомные ядра. - М.: Издательство ЛКИ, 2007.	
2	Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник: В 3 т. Т.2 : Физика ядерных реакций / Мухин - СПб.: Лань, 2008.	
3	Юз Д. История нейтрона. - М.: Атомиздат, 1964. .	
4	Ю.М. Широков и Н.П. Юдин. Ядерная физика. М.: Наука, 1972	
5	Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 5, Атомная и ядерная физика. М.- ФИЗМАТЛИТ, 2002	

Дата _____ Лектор _____ Шарапов Э.И.....

Утверждаю:

подпись, фамилия, и., о.

Зав.кафедрой _____.(Ю.Ц.Оганесян)

**Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования Московской области «Международный
университет природы, общества и человека «Дубна»
(Университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра «Ядерная физика»**

УТВЕРЖДАЮ
проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« _____ » _____ 20 ____ г.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«РЕАКЦИИ С НЕЙТРОНАМИ И ГАММА-
КВАНТАМИ»**

по направления **010700.68 «Физика»**

Магистерская программа «Физика ядра и элементарных частиц»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: _____ *магистр* _____

Курс (семестр): 5курс, 9 семестр

г. Дубна, 2011 г.

Автор программы:

Шарапов Э. И.

доктор физико-математических наук,

профессор, кафедры ядерной физики _____

(подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки 010700.68 — физика

Программа рассмотрена на заседании кафедры ядерной физики

Протокол заседания № _____ от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / Ю.Ц.Оганесян /

(подпись)

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета естественных и инженерных наук _____ / Деникин А.С. /

« ____ » _____ 20__ г.

Рецензент:

(Фамилия, имя, отчество)

(ученая степень, звание)

(должность, кафедра или иное подразделение, организация)

Руководитель библиотечной системы _____ / В. Г. Черепанова /

Содержание

1. Выписка из ГОС ВПО	10
2. Аннотация	10
3. Цели и задачи дисциплины	11
4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины	11
5. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):	11
6. Разделы (темы) дисциплины	12
Содержание разделов дисциплины	12
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	14
Основная литература	14
Дополнительная литература	14
Периодические издания	15
Справочные ресурсы и материалы в Интернет:	15
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	15
9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	15
Примерный перечень вопросов к зачету	15
10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины	16
Методические рекомендации преподавателю	16
Методические указания студентам	16

1. Выписка из ГОС ВПО

Выписка из государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. Специальность 010700 Физика. Квалификация – физик. Регистрационный N 177 ен/маг (утв. Минобразованием РФ 17.03.2000г.).

1.5 Аннотированный перечень магистерских программ:

510401 - Физика ядра и элементарных частиц

Источники, методы регистрации и измерения физических характеристик ядер и элементарных частиц. Взаимодействия частиц. Ядерные реакции и реакторы. Ускорители. Экспериментальное изучение фундаментальных явлений физики микромира. Современные теоретические представления и математические методы исследований в физике ядра и элементарных частиц. Практика научной работы.

Требования к обязательному минимуму содержания специализированной подготовки

СДМ.00	<u>Специальные дисциплины</u>	<u>800</u>
СДМ.01	Специальный физический практикум	160
	Лабораторные работы, связанные с изучением экспериментальными методами фундаментальных эффектов и явлений по областям физики в соответствии с перечнем магистерских программ.	
СДМ.02 и т.д.	Состав и содержание специальных дисциплин определяется требованиями специализации магистра физики при реализации конкретной магистерской программы	500

2. Аннотация

Место курса в профессиональной подготовке магистров

При изучении данного курса предполагается наличие у студента знаний по ядерной физике и о процессах взаимодействия излучений с веществом.

Методы обучения (в т.ч. инновационные)

Преподавание дисциплины «Реакции с нейтронами и гамма-квантами» предусматривает активное использование следующих методов обучения: мультимедийных презентаций с представлением схем ядерно-физического оборудования; в т.ч. инновационных методов: ознакомлением с действующими и строящимися установками ОИЯИ, использованием образовательных Интернет-ресурсов.

Требования к студентам

В качестве входных знаний студенты должны владеть основными законами общей и квантовой физики, иметь базовые знания по ядерной физике.

Виды контроля и формы работ студентов:

краткий опрос на лекционных занятиях занятия, итоговый контроль – зачет. Форма работы студентов в ходе изучения дисциплины предусмотрена в виде лекционных занятий, работы над текущими заданиями, подготовки и представления рефератов на заданные темы.

Методика формирования результирующей оценки.

Для оценки результатов деятельности студента по изучению дисциплины используется четыре показателя:

- участие в аудиторной работе ответы при кратких опросах на лекционных занятиях,
- посещение занятий,
- подготовки реферата,
- уровень ответов на зачетные вопросы.

3. Цели и задачи дисциплины

Цели освоения дисциплины:

- изучение превращений ядер при взаимодействии их с нейтронами и гамма квантами (фотонами) при энергиях ниже порогов образования мезонов;
- приобретение навыков в решении широкого конкретных задач, встречаемых в этой дисциплине.

Задачи освоения дисциплины:

- получение представления о нейтронной физике и о взаимодействии фотонов с ядрами;
- изучение основных ядерных реакций и их эффективных сечений, того как открывались различные ядерные реакции и о развитии их исследований вплоть до настоящих дней;
- практическое ознакомление с приложениями нейтронных и фотоядерных реакций в астрофизике и практическим приложениям ядерных реакций в нейтронном активационном и фотоядерном анализе состава вещества.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные представления об ядерных реакциях под действием медленных и быстрых нейтронов, о фотоядерных реакциях ниже порога образования мезонов.

Уметь: анализировать экспериментальные данные по ядерным реакциям на основе различных моделей, описывающих свойства и поведение ядер.

Владеть навыками: решения различных задач, встречаемых при взаимодействиях нейтронов и фотонов с ядрами, и научиться работать с электронными базами ядерных данных.

Приобрести опыт деятельности: участия в решении ядерно-физических прикладных задач, выдвигаемых современностью.

5. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):

Вид занятий	Всего часов	Семестр
		9
Общая трудоемкость	79	79
Аудиторные занятия:	34	34
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)		
Самостоятельная работа:	45	45
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет	зачет

6. Разделы (темы) дисциплины.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины, содержание	Лк	СР
1	Ядерные реакции, основные понятия	2	2
2	Введение в нейтронную физику и источники нейтронов	4	6
3	Нейтронные реакции	6	6
4	Применения нейтронных реакций и их роль в астрофизике	8	8
5	Фотоядерные реакции: источники фотонов и гигантский резонанс сечения фотопоглощения	4	6
6	Основы теории фотоядерных реакций и ядерная резонансная флюоресценция	4	8
7	Применения фотоядерных реакций и их роль в астрофизике	4	4
8	Электронные базы ядерных данных. Представление и обсуждение рефератов	2	5
Всего		34	45

Содержание разделов дисциплины

1. Ядерные реакции, основные понятия

Ядерные реакции, способы записи, законы сохранения, энергия и порог реакции, полные и дифференциальные сечения, уравнение детального баланса.

2. Введение в нейтронную физику и источники нейтронов

Введение в нейтронную физику

Предмет науки Нейтронная Физика, история открытия нейтрона, основные свойства нейтрона как элементарной частицы, длина рассеяния, ультра-холодные нейтроны, рассеяние нейтронов в исследовании конденсированных сред.

Источники нейтронов

Лабораторные источники нейтронов, источники нейтронов на ускорителях заряженных частиц низких энергий, источники множественного скалывания нейтронов на ускорителях протонов с энергией до ГэВ, исследовательские ядерные реакторы, международные нейтронные центры.

3. Нейтронные реакции

Нейтронные реакции, эффективные сечения

Классификация по энергии нейтронов, энергетическая зависимость сечений, формула Брейта-Вигнера и параметры нейтронных резонансов, радиационный захват и другие экзотермические реакции, пороговые реакции с вылетом нейтронов и заряженных частиц.

Рассеяние нейтронов ядрами

Рассеяние тепловых и резонансных нейтронов, рассеяние в модели полупрозрачного ядра (оптическая модель), замедление нейтронов при упругом рассеянии, спектрометрия по времени замедления, спектрометрия по времени пролета.

Нейтронная спектроскопия ядер

Нейтронная спектроскопия ядер, распределение нейтронных ширин, распределение расстояний между резонансами, плотность уровней составного ядра, нейтронная силовая

функция, полные и парциальные радиационные ширины уровней ядер, радиационная силовая функция.

4. Применения нейтронных реакций и их роль в астрофизике

Деление ядер под действием нейтронов

История открытия деления ядер медленными нейтронами, выделяемая энергия, ее баланс, массовые и энергетические распределения осколков, мгновенные и запаздывающие нейтроны деления, барьер деления и каналовая теория А.Бора, подбарьерное деление и промежуточная структура сечений.

Примеры задач на ядерные реакции:

Задачи на расчет энергий и порогов ядерных реакций, задачи на законы сохранения энергии, углового момента и четности, задачи на расчет резонансных сечений и активации.

Нейтронный активационный анализ

История создания нейтронного активационного анализа элементов, основное уравнение метода и варианты его применения, сечения активации тепловыми и быстрыми нейтронами, пределы чувствительности, приборное и техническое обеспечение.

Нейтронные реакции в астрофизике

Вселенная и звезды нашей Галактики, звезды главной последовательности: диаграмма Гертцшпрунга-Рассела, распространенность элементов во Вселенной и их происхождение, ядерные реакции в звездах главной последовательности, синтез элементов тяжелее железа: s- и r-процессы захвата нейтронов.

5. Фотоядерные реакции: источники фотонов и гигантский резонанс сечения фотопоглощения

Источники фотонов для фотоядерных реакций

Характеристики фотонных пучков, фотоны радиоактивных источников и из ядерных реакций, фотоны тормозного излучения электронов, монохроматизация фотонных пучков: меченые фотоны, фотоны из аннигиляции позитронов на лету, фотоны обратного комптоновского рассеяния, жесткое синхротронное излучение.

Гигантский резонанс сечения фотопоглощения

Фоторасщепление дейтрона, гигантский электрический дипольный резонанс в сферических и деформированных ядрах, энергетические спектры фотонейтронов и протонов, лорентцовская аппроксимация сечения, фотонейтронные сечения вблизи порога

6. Основы теории фотоядерных реакций и ядерная резонансная флюоресценция

Основы теории фотоядерных реакций

Нестационарная теория возмущений в применении к взаимодействию фотонов с ядрами, разложение по мультиполям, матричные элементы электромагнитных переходов в длинноволновом приближении, правило сумм Томаса-Рейха-Куна для атомов, эффективные заряды нуклонов и правило сумм для сечения фотопоглощения ядрами, интерпретация гигантского резонанса в ядерных моделях

Ядерная резонансная флюоресценция

Основные формулы резонансного рассеяния фотонов, измерение энергии, мультипольности, четности и приведенной вероятности гамма переходов, экспериментальные установки, радиационные силовые функции ниже порога фотоядерной реакции, новейшие резонансные моды: ножничный магнитный резонанс и электрические дипольные «пигмеи».

7. Применения фотоядерных реакций и их роль в астрофизике

Фотоядерный анализ состава вещества

История становления метода фотоядерного анализа, преимущества и ограничения метода, пороги определения элементов по фотонейтронам и по гамма-активности, анализ по изомерным состояниям ядер, приборное и техническое обеспечение, промышленные установки.

Фотоядерные реакции в астрофизике

p-процесс синтеза нейтроно-избыточных изотопов при звездных температурах 2×10^9 К, (γ, n)- и (γ, α)-реакции при звездных температурах 10^8 К, использование детального баланса для определения сечений радиационного захвата нейтронов на недоступных мишенях, комбинированные результаты для звездного синтеза элементов в s- и r-процессах радиационного захвата,

8. Электронные базы ядерных данных

Электронные базы ядерных констант и эффективных сечений реакций, доступ к наиболее известным базам (Интернет-адреса баз), просмотр спектроскопических и нейтронных данных Брукхейвенской национальной лаборатории, просмотр базы фотоядерных данных Института ядерной физики МГУ, просмотр сечений взаимодействия фотонов на базе Национального института стандартов и технологии, США.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

Основная литература

1. Ишханов Б.С. Частицы и атомные ядра: Учебник для вузов / Ишханов Борис Саркисович, Капитонов Игорь Михайлович, Юдин Николай Прокофьевич. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство ЛКИ, 2007. - 584с.:
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник: В 3 т. Т.2 : Физика ядерных реакций / Мухин Константин Никифорович. - 6-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2008. - 336с.
3. Юз Д. История нейтрона / Юз Дональд; Пер.с англ. Г.А.Васильева и др. - М.: Атомиздат, 1964. - 120с.
4. Ю.М. Широков и Н.П. Юдин. Ядерная физика. М.: Наука, 1972.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 5, Атомная и ядерная физика. М.- ФИЗМАТЛИТ, 2002

Дополнительная литература

1. Экспериментальная ядерная физика: Пер.с англ. Т.1 и Т.2 / Под ред. Э.Сегре. - М.: Издательство иностранной литературы, 1955. - 662с. и 494с.
2. Радиационный захват нейтронов: Справочник: Согласовано с Гос.службой стандарт.справ.данных / Беланова Тамара Семеновна, Игнатюк Анатолий Владимирович, Пащенко Анатолий Борисович, Пляскин Владислав Иванович; Рец.Б.Д. Кузьминов. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 248с
3. Современное естествознание: Энциклопедия: В 10 т. Т.4 : Физика элементарных частиц. Астрофизика / ISSEP. Междунар.соросовская программа образования в области точных наук; Гл.ред. В.Н.Сойфер; Ред.тома Б.И.Садовников и др. - М.: Магистр-Пресс, 2000. - 280с.
4. Ядерная энциклопедия / Авт.и гл.ред. А.А.Ярошинская. - М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. - 656с.
5. Справочник по ядерной физике / Кларк Р.У., Барнес Д.Э., Перкин Дж.П. и др.; Пер.с англ. под ред. Л.А.Арцимовича. - М.: Физматгиз, 1963. - 632с.

Периодические издания

1. Успехи физических наук/ Учредитель: РАН; Гл.ред. Л.В.Келдыш. - М.: Успехи физических наук. - Журнал, выходит 1 раз в месяц. - Основан в 1918 году. - См. электронные версии статей: <http://ufn.ru/ru/articles/>.
2. Ядерная физика / Учредитель: РАН; Гл.ред. Ю.Г. Абов. - М. : Наука. - Журнал, выходит 1 раз в месяц. - Основан в 1965 году.

Справочные ресурсы и материалы в Интернет:

1. <http://nr.v.jinr.ru/nrv>
2. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
3. <http://www.phys.rsu.ru/webnuclear/actanaliz.htm>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. мультимедийный проектор;
2. иллюстративный материал в форме компьютерных презентаций и образовательных материалов из Интернет;
3. Э.И.Шарапов. Конспект лекций. Кафедра ядерной физики МУПОЧ,

9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Ядерные реакции, способы записи, законы сохранения, энергия и порог реакции, полные и дифференциальные сечения, уравнение детального баланса.
2. Нейтронная Физика, история открытия нейтрона, основные свойства нейтрона как элементарной частицы, длина рассеяния, ультрахолодные нейтроны, рассеяние нейтронов в исследовании конденсированных сред.
3. Лабораторные источники нейтронов, источники нейтронов на ускорителях заряженных частиц низких энергий, источники множественного скалывания нейтронов на ускорителях протонов с энергией до ГэВ, исследовательские ядерные реакторы, международные нейтронные центры.
4. Классификация по энергии нейтронов, энергетическая зависимость сечений, формула Брейта-Вигнера и параметры нейтронных резонансов.
5. Радиационный захват и другие экзотермические реакции, пороговые реакции с вылетом нейтронов и заряженных частиц.
6. Рассеяние тепловых и резонансных нейтронов, рассеяние в модели полупрозрачного ядра (оптическая модель).
7. Замедление нейтронов при упругом рассеянии, спектрометрия по времени замедления, спектрометрия по времени пролета.
8. Нейтронная спектроскопия ядер, распределение нейтронных ширин, распределение расстояний между резонансами, плотность уровней составного ядра.
9. Нейтронная силовая функция, полные и парциальные радиационные ширины уровней ядер, радиационная силовая функция.
10. Деление ядер медленными нейтронами, выделяемая энергия, ее баланс, массовые и энергетические распределения осколков, мгновенные и запаздывающие нейтроны деления
11. Барьер деления и каналовая теория А.Бора, подбарьерное деление и промежуточная структура сечений.

12. Нейтронный активационный анализ элементов, основное уравнение метода и варианты его применения, сечения активации тепловыми и быстрыми нейтронами, пределы чувствительности, приборное и техническое обеспечение.
13. Вселенная и звезды нашей Галактики, звезды главной последовательности: диаграмма Гертцшпрунга-Рассела, распространенность элементов во Вселенной и их происхождение,
14. Ядерные реакции в звездах главной последовательности, синтез элементов тяжелее железа: s- и r-процессы захвата нейтронов.
15. Характеристики фотонных пучков, фотоны радиоактивных источников и из ядерных реакций, фотоны тормозного излучения электронов,
16. Монохроматизация фотонных пучков: меченые фотоны, фотоны из аннигиляции позитронов на лету, фотоны обратного комптоновского рассеяния, жесткое синхротронное излучение.
17. Фоторасщепление дейтрона, гигантский электрический дипольный резонанс в сферических и деформированных ядрах.
18. Энергетические спектры фотонейтронов и протонов, лорентцовская аппроксимация сечения, фотонейтронные сечения вблизи порога.
19. Нестационарная теория возмущений в применении к взаимодействию фотонов с ядрами, разложение по мультиполям, матричные элементы электромагнитных переходов в длинноволновом приближении.
20. Правило сумм Томаса-Рейха-Куна для атомов, эффективные заряды нуклонов и правило сумм для сечения фотопоглощения ядрами, интерпретация гигантского резонанса в ядерных моделях.
21. Основные формулы резонансного рассеяния фотонов, измерение энергии, мультипольности, четности и приведенной вероятности гамма переходов, экспериментальные установки.
22. Радиационные силовые функции ниже порога фотоядерной реакции, новейшие резонансные моды: ножничный магнитный резонанс и электрические дипольные «пигмеи».
23. Метод фотоядерного анализа, преимущества и ограничения метода, пороги определения элементов по фотонейтронам и по гамма-активности, анализ по изомерным состояниям ядер, приборное и техническое обеспечение, промышленные установки.
24. p-процесс синтеза нейтроно-избыточных изотопов при звездных температурах 2×10^9 К, (γ, n)- и (γ, α)-реакции при звездных температурах 10^8 К.
25. Использование детального баланса для определения сечений радиационного захвата нейтронов на недоступных мишенях, комбинированные результаты для звездного синтеза элементов в s- и r-процессах радиационного захвата.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Методические рекомендации преподавателю

Курс лекций рассчитан на студентов кафедры экспериментальной ядерной физики. В связи с этим необходимо сделать упор на изложении материала в приложении к задачам исследования и применения ядерных реакций. Лекции должны сопровождаться наглядным иллюстративным материалом, в частности, с использованием компьютерных презентаций.

Контроль работы студента проводить в виде краткого опроса на лекциях и в виде реферативных докладов.

Методические указания студентам

В силу большого объема изучаемого материала и ограниченного количества занятий работа студента над заданиями во многом должна быть самостоятельной. Допускается

использование любой литературы и Интернет-ресурсов. Одобряется обращаться к преподавателю за консультациями.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- изучение отдельных разделов тем дисциплины по материалам лекции и рекомендованной литературе;

- подготовку к практическим занятиям;

- работу с Интернет-источниками;

- подготовку к различным формам контроля.

Программой дисциплины предусмотрена подготовка рефератов по индивидуальным заданиям.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе данной дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.