

**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

«Атомные реакторы и ядерная энергетика»

Для направления (специальности)_____

по направлению 010700 – физика

(код и наименование направления (специальности))

Дубна, 2011 г.

УМК разработан _____ д. ф.-м. н. Киселевым М.А., д. ф.-м. н., Шабалиным Е.П.
(ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество разработчиков)

Протокол заседания кафедры **ядерной физики** № _____ от “_____” _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой д. ф.-м. н. профессор / _____ / Оганесян Ю.Ц.

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
ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
1. Аннотация	10
3. Цели и задачи дисциплины.....	10
4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.	11
5. Объем дисциплины и виды учебной работы	12
6. Разделы (темы) дисциплины.	12
Практические занятия (семинары).....	14
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.	14
Основная литература	14
Дополнительная литература.....	14
Перечень программного обеспечения	15
Интернет–ресурсы:.....	16
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	16
9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	16
Тесты	16
Тематика контрольных работ.....	18
Вопросы для проведения текущего контроля освоения лекционного материала.....	18
Перечень вопросов для подготовки к экзамену	18
10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины	19
Методические рекомендации преподавателю.....	19
Методические рекомендации студентам	20

Пояснительная записка

Курс изучается в седьмом семестре.

Целью курса «Атомные реакторы и ядерная энергетика» является приобретение базовых знаний о ядерных реакторах, ядерной энергетике и физических основах этой инженерной деятельности, выросшей из законов ядерной и нейтронной физики;.

В ходе изучения данного курса студент должен освоить практические методики расчета процессов в реакторе на основе диффузионной теории.

При разработке учебно-методического комплекса «Атомные реакторы и ядерная энергетика» особое внимание уделялось тому, чтобы ее содержание было ориентировано на изложение материала с учетом современного состояния предмета, а также с использованием современных компьютерных и Интернет технологий при организации учебного процесса и самостоятельной работы студентов.

Материал дисциплины «Атомные реакторы и ядерная энергетика» будет использован при изучении дисциплин «Взаимодействие излучения с веществом», «Детекторы ядерных излучений» и «Физика конденсированных сред и наносистем».

Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН (РАБОЧАЯ ПРОГРАММА)
 Учебно-методическая карта дисциплины «Атомные реакторы и ядерная энергетика»
 Кафедра Ядерной физики.....направление: Физика.....курс....4...семестр...7...2011/2012 учебного года, учебный план 2011г.

Утверждаю:
 проректор.....С.В.Моржухина
 “.....”2011г.

Виды и содержание учебных занятий													
Номер и дата	Лекции (3 час. в неделю)*						Практические занятия (1 час в неделю)	Лаборатор- ные работы (час. в неделю)		Самостоятельная работа студентов			
	В аудитории				Самостоятельное изучение			№	название	Вид Зада- ния	Содержание	часы	форма контроля
	Дата Лек- ции	час	Содержание	Исп. ТСО	Содержание и раздел учебника (глава, параграф)	Форма контро- ля							
1 нед		4	Введение: нейтроны, реакторы, ядерная энергетика. Нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе		[1], [2]	К	-			А	Свойства нейтрона физика деления:	1	Опрос
2 нед		2	Нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе Взаимодействие быстрых нейтронов с ядрами и веществом: типы ядерных реакций, уровни возбуждения ядра, нейтронные резонансы.		[1], [2]	К	Нейтронно-физи- ческие процессы в ядерном реакторе			А	Нейтронно- физические процессы в ядерном реакторе.	1	Опрос
3 нед		4	Нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе. Транспорт нейтронов.		[3], [4], [5]	К	-			А	Нейтронно- физические процессы в ядерном реакторе. Транспорт нейтронов.	2	Опрос
4 нед		2	Транспорт нейтронов.		[3], [4], [5]	К	Транспорт нейтронов			А	Транспорт нейтронов.	2	Опрос
5 нед		4	Тепловые нейтроны и диффузия нейтронов.		[5]	К	-			А	Тепловые нейтроны и диффузия нейтронов.	2	Опрос
6 нед		2	Тепловые нейтроны и диффузия нейтронов.		[3], [4], [5]	К	Тепловые нейтроны и диффузия нейтронов			А	Тепловые нейтроны и диффузия нейтронов.	2	Опрос
7 нед		4	Критичность ядерного реактора, методы расчета.		[3], [4], [5]	К	-			А	Критичность ядерного реактора, методы расчета.	2	Опрос
8 нед		2	Критичность ядерного реактора, методы расчета. Многогрупповой подход к расчету реактора. Численные методы. Метод статистических испытаний.		[3], [4], [5]	К	Критичность ядерного реактора, методы расчета			А	Критичность ядерного реактора, методы расчета.	2	Опрос
9 нед		4	Кинетика и динамика реактора.		[3], [4], [5]	К	-			А	Кинетика и динамика реактора.	2	Опрос
10 нед		2	Кинетика и динамика реактора. Уравнения кинетики и их решение при постоянной реактивности. Влияние «обратной связи», устойчивость реактора.		[3], [4], [5]	К	Кинетика и динамика реактора			А	Кинетика и динамика реактора.	2	Опрос
11 нед 11 нед		4	Реакторы типа ИБР и реактор ИБР-2.		[3], [5]	К	-			А	Реакторы типа ИБР и реактор ИБР-2.	1	Опрос
12 нед		2	Реакторы типа ИБР и реактор ИБР-2.		[3], [5]	К	Ознакомление с реактором ИБР-2			А	Реакторы типа ИБР и реактор ИБР-2.	1	Опрос
13 нед		4	Атомная энергетика и устройство атомных электростанций.		[4]	К	-			А	Атомная энергетика и устройство	2	Опрос

											атомных электростанций.		
14 нед		2	Ядерная и радиационная безопасность работы ядерного реактора.		[2], [3], [4]	К	Ознакомление с реактором ИБР-2			А	Ядерная и радиационная безопасность.	1	Опрос
15 нед		4	Ядерная и радиационная безопасность работы ядерного реактора. Метод статистических испытаний в расчете ядерного реактора.		[2], [3], [4]	К	-			А	Ядерная и радиационная безопасность.	1	Опрос
16 нед		2	Метод статистических испытаний в расчете ядерного реактора.		[5]	К	Метод статистических испытаний в расчете ядерного реактора			Т	Построение алгоритма конкретного примера транспорта нейтрона	2	Защита
17 нед		4	Решение задач реакторной физики в диффузионном приближении.		[5]	К	-			А	Решение задач реакторной физики в диффузионном приближении.	2	Опрос
18 нед		2	Решение задач реакторной физики в диффузионном приближении. Методы оценки нейтронного потока и критичности. Алгоритмы симуляции цепного процесса.		[5]	К	Решение задач реакторной физики в диффузионном приближении			А	Решение задач реакторной физики в диффузионном приближении.	2	Опрос
										А Л	Всего	28	Опрос
										Р, Т П	Всего	2	Экзамен

1. Числитель - аудиторные занятия, знаменатель - самостоятельное изучение

А - задание к практическим занятиям
Л - задание к лабораторным занятиям
К - контрольные задания
Т - типовые расчеты
П - курсовой проект

2. Учебная литература (обязательная)

№	Название, автор, год издания	Примечания
1	Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 5, М.- ФИЗМАТЛИТ, 2011.	
2	К.Н. Мухин. Экспериментальная ядерная физика (в 3 т.), СПб., Издательство Лань, 2008.	
3	Физика ядерных реакторов: Практические задачи по их эксплуатации / Владимиров В. И. - М. : ЛИБРОКОМ, 2009	
4	Острейковский В.А. Эксплуатация атомных станций: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1999.	
5	Вычислительные методы в физике реакторов: Сборник статей / Батлер М., Кук Дж., Хассит А. и др.; Под ред. Х.Гринспена и др. - М.: Атомиздат, 1972. - 372с.	

Дата 01.09.2011 г.

Лектор _____ М. А. Киселев.

Зав. кафедрой _____ Оганесян Ю.Ц.

**Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования Московской области «Международный
университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)**

**Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра ядерной физики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

«_____» _____ 20 ____ г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Атомные реакторы и ядерная энергетика

(наименование дисциплины)

по направлению 010700 – физика

(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: дневная

Уровень подготовки: бакалавр

Курс (семестр): 4 (7)

г. Дубна, 2011 г.

Авторы программы:

д. ф.-м. н., профессор Киселев М.А. и д. ф.-м. н., профессор Шабалин Е.П.,
профессора кафедры “Ядерная физика” / _____ /
(подписи)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки (специальности)

010700 – физика
(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры _____
“Ядерная физика”
(название кафедры)

Протокол заседания № _____ от “_____” _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой д. ф.-м. н. профессор / _____ / Оганесян Ю.Ц.

СОГЛАСОВАНО

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

“_____” _____ 20____ г.

Рецензент _____

(ученая степень, ученое звание, Ф.И.О., место работы, должность)

Руководитель библиотечной системы / _____ / Черепанова В.Г.

Содержание

1. Аннотация **Ошибка! Закладка не определена.**
3. Цели и задачи дисциплины..... **Ошибка! Закладка не определена.**
4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины. **Ошибка! Закладка не определена.**
5. Объем дисциплины и виды учебной работы **Ошибка! Закладка не определена.**
6. Разделы (темы) дисциплины. **Ошибка! Закладка не определена.**
Практические занятия (семинары)..... **Ошибка! Закладка не определена.**
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины. **Ошибка! Закладка не определена.**
Основная литература **Ошибка! Закладка не определена.**
Дополнительная литература..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Перечень программного обеспечения **Ошибка! Закладка не определена.**
Интернет–ресурсы: **Ошибка! Закладка не определена.**
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины..... **Ошибка! Закладка не определена.**
9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины **Ошибка! Закладка не определена.**
Тесты **Ошибка! Закладка не определена.**
Тематика контрольных работ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Вопросы для проведения текущего контроля освоения лекционного материала **Ошибка! Закладка не определена.**
Перечень вопросов для подготовки к экзамену **Ошибка! Закладка не определена.**
10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины **Ошибка! Закладка не определена.**
Закладка не определена.
Методические рекомендации преподавателю **Ошибка! Закладка не определена.**
Методические рекомендации студентам **Ошибка! Закладка не определена.**

1. Аннотация

Место курса в профессиональной подготовке бакалавров

Дисциплина «Атомные реакторы и ядерная энергетика» относится к дисциплинам специализации. До данной дисциплины студенты изучили курс «Общая физика», в частности, разделы «Электричество и магнетизм», «Атомная физика», «Ядерная физика», курс «Теоретическая физика», в частности, разделы «Квантовая теория» и «Физика конденсированного состояния, термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика» и курсы «Методы математической физики, линейные и нелинейные уравнения физики», «Методы математической физики». Материал данной дисциплины будет использован при изучении дисциплин «Взаимодействие излучения с веществом», «Детекторы ядерных излучений» и «Физика конденсированных сред и наносистем».

Методы обучения (в т.ч. инновационные)

Преподавание дисциплины «Атомные реакторы и ядерная энергетика» предусматривает активное использование следующих методов обучения: мультимедийных презентаций, в частности, с изображениями схем атомных реакторов, в т.ч. инновационных методов: применением образовательных Интернет-ресурсов, компьютерных программ, моделирования физических процессов в атомных реакторах. Предусмотрено ознакомление студентов с принципом работы, конструкцией и назначением импульсного исследовательского реактора Дубны ИБР-2

Требования к студентам

В качестве входных знаний студенты должны владеть основными законами квантовой физики, а также иметь общие знания в области математики, в частности уметь решать дифференциальные уравнения в частных производных. В процессе освоения студентами данного курса, закрепляется материал ранее пройденных курсов.

Виды контроля и формы работ студентов:

итоговый контроль – экзамен.

Методика формирования результирующей оценки.

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

- участие в аудиторной работе,
- посещение занятий,
- уровень ответов на вопросы экзаменационного билета.

Показатели имеют определенные относительные веса, а для оценивания уровня выполнения заданий и ответов на вопросы экзаменационного билета используется четырехбалльная шкала: 5 – высокий уровень результата (работа выполнена правильно и аккуратно, соответствует требованиям, потери 0), 4 – средний уровень (работа имеет незначительные замечания, потери 25% от ее относительного веса), 3 – низкий уровень (работа имеет существенные замечания и ошибки, потери 75% от ее относительного веса), 2 – отсутствие результата (работа вообще не сдана, потери 100% от ее относительного веса).

3. Цели и задачи дисциплины.

Цели освоения дисциплины:

- начальное ознакомление и приобретение базовых знаний о ядерных реакторах, ядерной энергетике и физических основах этой инженерной деятельности, выросшей из законов ядерной и нейтронной физики;
- освоение практических методик расчета процессов в реакторе на основе диффузионной теории.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение процессов, идущих в ядерных реакторах – деление ядра, цепную реакцию, выделение энергии, взаимодействие нейтронов с веществом;
- изучение основ транспорта нейтронов, понятия сечений взаимодействия нейтронов, вычисление скоростей реакций, плотности потока нейтронов; практическое освоение приемов Излагаются
- изучение простейшей теории критичности реактора, методы расчета ядерных реакторов, простейшие уравнения кинетики и динамики реактора и способы их решения
- ознакомление с применением ядерных реакторов в различных областях науки и техники, с принципами работы ядерных электростанций, с состоянием и перспективами ядерной энергетики в РФ и в мире при уделении особого внимания вопросам безопасности ядерной энергетики.
- ознакомление с принципом работы, конструкцией и назначением импульсного исследовательского реактора Дубны ИБР-2.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные процессы, идущие в ядерных реакторах – деление ядра, цепную реакцию, выделение энергии, взаимодействие нейтронов с веществом; направления применения ядерных реакторов в различных областях науки и техники, принципы работы ядерных электростанций, основы безопасности ядерной энергетики.

Уметь: объяснять изменения характеристик пучков нейтронов при прохождении через вещество и результаты их воздействия на вещество.

Владеть навыками: расчета процессов в реакторе на основе диффузионной теории.

Приобрести опыт деятельности: основ работы на импульсном исследовательском реакторе ИБР-2 ОИЯИ.

5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
Общая трудоемкость дисциплины	102	102
Аудиторные занятия	72	72
Лекции	54	54
Практические занятия (Семинары)	18	18
Лабораторные работы		
Самостоятельная работа	30	30
Вид итогового контроля (экзамен)		экзамен

6. Разделы (темы) дисциплины.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины, содержание	Л ¹	ПЗ (С)	ЛР	СР
1	Введение в курс физики реакторов	2			2
2	Нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе	6	2		3
3	Транспорт нейтронов.	4	2		3
4	Тепловые нейтроны и диффузия нейтронов	6	2		3
5	Критичность ядерного реактора, методы расчета	6	2		3
6	Кинетика и динамика реактора	6	2		3
7	Реакторы типа ИБР и реактор ИБР-2	6	4		2
8	Атомная энергетика и устройство атомных электростанций	4			2
9	Ядерная и радиационная безопасность работы ядерного реактора	4			3
10	Метод статистических испытаний в расчете ядерного реактора	4	2		3
11	Решение задач реакторной физики в диффузионном приближении	6	2		3
Всего		54	18		30

Содержание разделов дисциплины

1. Введение в курс физики реакторов

Нейтрон и деление ядер; история открытия. Свойства нейтрона. Особенности свойств нейтрона, благодаря которым он нашел широкое применение в науке и технике. Цепная реакция деления, атомная бомба и ядерные реакторы (ЯР). Современное использование ЯР и нейтронов: АЭС, нейтроны как инструмент для исследования вещества, медицина, новые материалы и др.

2. Нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе

Физика деления: механизм деления, энергия деления, нейтроны деления, делящиеся изотопы. Энергия связи нейтрона в ядре. Взаимодействие быстрых нейтронов с ядрами и веществом: типы ядерных реакций, уровни возбуждения ядра, нейтронные резонансы.

Понятие сечения взаимодействия, скорость реакций, плотность потока нейтронов.

Процессы в ядерном реакторе, понятие критического реактора.

¹ Виды занятий Л – лекции, ПЗ - практические занятия (С – семинары), ЛР - лабораторные работы, СР - самостоятельная работа студентов.

3. Транспорт нейтронов.

Транспорт (перенос) нейтронов, понятия «замедление» и «диффузия». Замедление при упругом рассеянии: элементарный акт упругого рассеяния нейтрона на ядре (расчет потери энергии при однократном рассеянии, угловое распределение). Многократное рассеяние (понятие «летаргии», энергетический спектр замедляющихся нейтронов, пространственное распределение, длина замедления, время замедления, «возраст» нейтрона»). Частный случай замедления на водороде.

4. Тепловые нейтроны и диффузия нейтронов

Тепловые нейтроны, распределение по энергиям. Уравнение диффузии моноэнергетических нейтронов (вывод). Решение уравнения диффузии в бесконечной среде, длина диффузии и ее физический смысл. Пределы применимости диффузионного приближения. Длина диффузии и ее физический смысл, время диффузии (время «жизни» нейтронов). Диффузия в ограниченной среде, граничные условия. Понятие «экстраполированной длины». Диффузия в многозонной среде. Диффузионные константы для замедлителей.

5. Критичность ядерного реактора, методы расчета

Расчет на критичность в диффузионном приближении, понятия геометрического и материального параметров. Расчет на критичность в диффузионно-возрастном приближении. Многогрупповой подход к расчету реактора. Численные методы. Метод статистических испытаний.

6. Кинетика и динамика реактора

Вывод уравнения «точечной» кинетики; понятие «реактивности», времени «жизни» нейтронов и поколения нейтронов. Запаздывающие нейтроны, их влияние на кинетику реактора. Уравнения кинетики с учетом запаздывающих нейтронов, понятия «реактивности» на мгновенных и на запаздывающих нейтронах. Решение уравнений кинетики при постоянной реактивности. Влияние «обратной связи», устойчивость реактора. Температурная обратная связь.

7. Реакторы типа ИБР и реактор ИБР-2

Принцип работы, назначение реакторов типа ИБР. История импульсных реакторов. Основы конструкции ИБР (основные узлы и системы импульсного реактора периодического действия ИБР-2). Подвижный отражатель реактора ИБР-2, оптимизация его параметров. Введение в теорию импульсного реактора периодического действия ИБР. Равновесный режим работы, вывод условия критичности. Неравновесный режим - кинетика ИБРа. Аналогия кинетики ИБР с обычным реактором, понятие «импульсной доли запаздывающих нейтронов». Отличие кинетики ИБРа.

8. Атомная энергетика и устройство атомных электростанций

Место атомной энергетики в мировой энергетической системе. Атомная энергетика в России. Устройство атомных электростанций с реакторами ВВР и РБМК. Подробно о конструкции реактора Чернобыльской АЭС.

9. Ядерная и радиационная безопасность работы ядерного реактора и АЭС.

Что такое «Ядерная и радиационная безопасность»? Ядерная и радиационная аварии, их причины. Последствия аварий. Примеры аварий (критсборки, Три-Майл Айленд, и др). Подробно о Чернобыльской аварии. Меры по предотвращению аварий и снижению их последствий. Понятие «риска» технологии. Сравнение рисков атомной энергетики с другими источниками энергии.

10. Метод статистических испытаний в расчете ядерного реактора.

Принцип метода Монте-Карло. Реализация случайной величины с известным законом распределения вероятности, метод Неймана. Розыгрыш траектории нейтрона (длины пробега, угла рассеяния, энергии). Оценки нейтронного потока. Алгоритмы симуляции цепного процесса.

11. Решение задач реакторной физики в диффузионном приближении.

Решение уравнения диффузии при точечном источнике в бесконечной среде. Решение уравнения диффузии для полубесконечной среды с источником на границе.

Решение уравнения диффузии для пластины (сферы) с заданным распределенным источником. Нахождение критических параметров ядерного реактора без отражателя в односкоростном диффузионном приближении.

Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Кол-во ч.
С1	3	Расчеты замедления нейтронов	2
С2	3	Расчеты многократного рассеяния нейтронов	2
С3	4	Расчеты диффузии нейтронов	2
С4	4	Расчеты диффузии тепловых нейтронов в ограниченной среде	2
С5	5	Расчеты критичности ядерного реактора	2
С6	5	Расчеты кинетики и динамики реактора	2
С7	7	Ознакомление с реактором ИБР-2	2
С8	7	Расчеты импульсного реактора периодического действия ИБР	2
С9	10	Моделирование нейтронного потока в ядерном реакторе	2

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

Основная литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 5, М.- ФИЗМАТЛИТ, 2011.
2. К.Н. Мухин. Экспериментальная ядерная физика (в 3 т.), СПб., Издательство Лань,, 2008.
3. Физика ядерных реакторов: Практические задачи по их эксплуатации / Владимир Владимирович. - М. : ЛИБРОКОМ, 2009.
4. Острейковский В.А. Эксплуатация атомных станций: Учебник для вузов / Острейковский Владислав Алексеевич. - М.: Энергоатомиздат, 1999. - 928с
5. **Вычислительные методы в физике реакторов:** Сборник статей / Батлер М., Кук Дж., Хассит А. и др.; Под ред. Х.Гринспена и др. - М.: Атомиздат, 1972. - 372с.

Дополнительная литература

1. **Рудик А.П.** Ядерные реакторы и принцип максимума Понтрягина / Рудик Алексей Петрович. - М.: Атомиздат, 1971. - 208с.:
2. Широков, Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. - М.: Наука, 1980. – 727 с.
3. **Стерман Л.С.** Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов / Стерман Лев Самойлович, Лавыгин Василий Михайлович, Тишин Сергей Георгиевич. - М.: Энергоатомиздат, 1995. - 416с.
4. **Трофимов А.И.** Приборы и системы контроля ядерных энергетических установок: Учебное пособие / Трофимов Адольф Иванович. - М.: Энергоатомиздат, 1999. - 494с.
5. **Аппаратура контроля радиационной безопасности АЭС с ВВЭР и РБМК /** Жернов В.С., Залманзон Ю.Е., Парышев В.Я. и др.; Под ред. В.В.Матвеева. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 160с.: ил. - (Библиотека эксплуатационника АЭС; Вып.22).
6. **Научные и технические основы ядерной энергетики:** Пер.с англ. Т.2 / Козн К., Армистед Ф., Фридман Ф. и др.; Под ред. К.Гудмена. - М.: Иностранная литература, 1950. - 348с.
7. **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.

8. **Ядерная энциклопедия** / Авт.и гл.ред. А.А.Ярошинская. - М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. - 656с.:
9. **Атомная энергия: Краткая энциклопедия** / Отв.ред.В.С.Емельянов. - М.: Советская энциклопедия, 1958. - 610с.:
10. **Холмовский Ю.А.** Толковый словарь по атомной науке и технике / Холмовский Юрий Алексеевич. - М.: ЦНИИАтоминформ, 1995. - 344с.
11. **Петросьянц А.М.** Современные проблемы атомной науки и техники в СССР / Петросьянц Андраник Мелконович. - 3-е изд.,перераб.и доп. - М.: Атомиздат, 1976. - 432с.
12. **Трофимов А.И.** Приборы и системы контроля ядерных энергетических установок: Учебное пособие / Трофимов Адольф Иванович. - М.: Энергоатомиздат, 1999. - 494с.
13. **Робертсон Б.** Современная физика в прикладных науках / Робертсон Б.; Пер.с англ. под ред. Е.М.Лейкина. - М.: Мир, 1985. - 272с.:
14. **Содди Ф.** История атомной энергии / Содди Фредерик; Пер.с англ. М.Ю.Богданова и др.; Под ред. А.Н.Кривомазова, Д.Н.Трифонов. - М.: Атомиздат, 1979. - 288с.:
15. **Дементьев В.А.** Измерение малых активностей радиоактивных препаратов / Дементьев Василий Александрович. - М.: Атомиздат, 1967. - 140с.
16. **Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло)** / Бусленко Н.П., Голенко Д.И., Соболев И.М. и др.; Под ред.Ю.А.Шрейдера. - М.: Физматгиз, 1962. - 332с.
17. **Соболев И.М.** Метод Монте-Карло / Соболев Илья Меерович. - 4-е изд.,перераб.и доп. - М.: Наука, 1985. - 81с.
18. **Метод Монте-Карло в проблеме переноса излучений** / Марчук Г.И., Ермаков С.М., Фролов А.С. и др.; Под ред.Г.И.Марчука. - М.: Атомиздат, 1967. - 255с.
19. **Марчук Г.И.** Численные методы в теории переноса нейтронов / Марчук Гурий Иванович, Лебедев Вячеслав Иванович. - М.: Атомиздат, 1971. - 496с. - Лит.:с.479-492.
20. **Спанье Дж.** Метод Монте-Карло и задачи переноса нейтронов / Спанье Джером, Гелбард Эли; Пер.с англ. В.П.Ковтуненко; Под ред. А.Д.Франк-Каменецкого. - М.: Атомиздат, 1972. - 172с.
21. **Радиационный захват нейтронов: Справочник: Согласовано с Гос.службой стандарт.справ.данных** / Беланова Тамара Семеновна, Игнатюк Анатолий Владимирович, Пашенко Анатолий Борисович, Пляскин Владислав Иванович; Рец.Б.Д. Кузьминов. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 248с.:
22. Фраунфельдер, Г. Субатомная физика. /Г. Фраунфельдер, Э. Хэнли. – М.: Мир. 1979.- 736 с.
23. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.

Перечень программного обеспечения

1. Программа компьютерного моделирования прохождения тепловых нейтронов через вещество методом Монте-Карло (см. рис. 1).

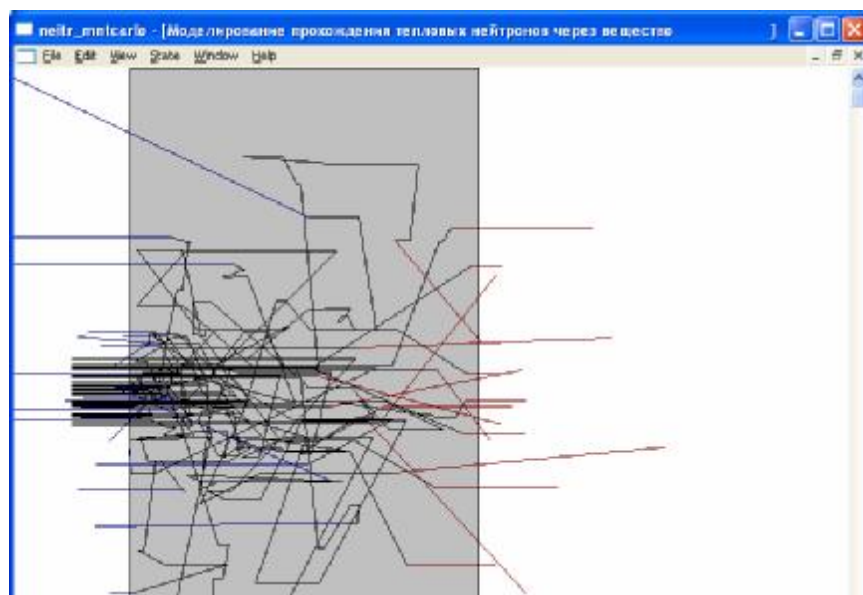


Рис. 1. Пример компьютерного моделирования прохождения нейтронов через вещество методом Монте-Карло.

2. Для проведения тестов используются тестовая оболочка дистанционного обучения университета «Дубна» и локальная тестовая страница для Web-браузера JS_Test.

Интернет-ресурсы:

1. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru/window>
2. Википедия : <http://wiki.web.ru>
<http://www.nanometer.ru>
3. Википедия : Атомные реакторы, спроектированные и построенные в СССР
<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B,%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%B2%D0%A1%D0%A1%D0%A1%D0%A0>
4. НИИЯФ МГУ <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
5. Полнотекстовая база данных для университета «Дубна».
Сайт библиотеки: <http://lib.uni-dubna.ru/biblweb>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Аудитория, оборудованная экраном и прибором для демонстрации лекционного материала (проектор для показа слайдов с компьютера).
2. Конспект лекций: Импульсные реакторы на быстрых нейтронах. Шабалин Е. П. 1976.

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

Тесты

Образец теста по теме
«ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»
Вопрос № 1

Природным ядерным горючим являются изотопы:

1) ^{233}U ;

- 2) ^{235}U ;
- 3) ^{238}U ;
- 4) ^{239}Pu .

Вопрос № 2

Сечение деления нейтронами ядер ^{235}U :

- 1) растет с ростом энергии нейтрона;
- 2) растет с уменьшением энергии нейтрона;
- 3) имеет порог деления около 1 МэВ.

Вопрос № 3

Сечение деления нейтронами ядер ^{238}U :

- 1) растет с ростом энергии нейтрона;
- 2) растет с уменьшением энергии нейтрона;
- 3) имеет порог деления около 1 МэВ.

Вопрос № 4

Причиной торможения быстрых нейтронов является...

- 1) их взаимодействие (столкновения) с электронами;
- 2) их взаимодействие (столкновения) с другими нейтронами;
- 3) их взаимодействие (столкновения) с атомными ядрами;
- 4) их взаимодействие (столкновения) с фотонами.

Вопрос № 5

Запаздывающие нейтроны испускаются ...

- 1) делящимися ядрами урана;
- 2) осколками деления ядер урана;
- 3) ядрами вещества под действием столкновений с нейтронами, образующимися при делении ядер урана.

Вопрос № 6

Основными типами энергетических ядерных реакторов являются...

- 1) водо-графитовые;
- 2) газо-графитовые;
- 3) водо-водяные;
- 4) газо-водяные.

Вопрос № 7

Ядерные реакторы являются мощными источниками...

- 1) альфа-излучения;
- 2) бета-излучения;
- 3) гамма-излучения;
- 4) нейтронов.

Вопрос № 8

Сильными поглотителями тепловых нейтронов являются ядра...

- 1) ^{149}Sm ;
- 2) ^{135}Xe ;
- 3) ^{113}Cd
- 4) ^{12}C ;
- 5) ^{10}B

Вопрос № 9

Реакторы-размножители используются для получения ядерного горючего, представляющего собой...

- 1) изотопы, образующиеся при поглощении медленных нейтронов ядрами изотопов ^{238}U и ^{232}Th ;
- 2) продукты бета-распадов изотопов, образующихся при поглощении быстрых нейтронов ядрами изотопов ^{238}U и ^{232}Th ;
- 3) продукты альфа-распадов изотопов, образующихся при поглощении медленных нейтронов ядрами изотопов ^{238}U и ^{232}Th ;
- 4) изотопы, образующиеся при поглощении быстрых нейтронов ядрами замедлителя.

Вопрос № 10

Различают риски при эксплуатации АЭС ...

- 1) индивидуальный риск;
- 2) коллективный риск;
- 3) технологический риск.

Тематика контрольных работ

На практических занятиях текущая аттестация проводится в виде письменной контрольной работы, где студент должен продемонстрировать практические навыки решения задач на тему “Расчеты сечений взаимодействия, замедления и диффузии нейтронов”

Тематика задач: [1], номера задач 10.1-10.16; [2], номера задач 8.66-8.81.

1. Робертсон, Б. Современная физика в прикладных науках. – М.: Мир, 1985.- 272 с.
2. Иродов А. Н. Задачи по квантовой физике. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.- 216 с.

Вопросы для проведения текущего контроля освоения лекционного материала

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля по итогам освоения отдельных разделов дисциплины и самостоятельной работы обучающегося с помощью коллоквиумов, включающих **группы тем**:

Образец: КОЛЛОКВИУМ К1.

“Основные принципы работы и устройства ядерных реакторов”

1. Деление ядер под действием нейтронов: физика процесса, продукты деления.
2. Сечение деления урана быстрыми и тепловыми нейтронами.
3. Использование ядерных реакторов в энергетике, преимущества ядерной энергетики.
4. Элементарная теория замедления нейтронов: потеря энергии при однократном столкновении.
5. Понятие критического реактора; оценка критичности в односкоростном диффузионном приближении.
6. Понятия геометрического и материального параметров реактора, формула критичности.
7. Запаздывающие нейтроны, их влияние на кинетику реактора; понятия «реактивности» на мгновенных и запаздывающих нейтронах.
8. Способы влияния на коэффициент размножения нейтронов в реакторах.
9. Подвижный отражатель реактора ИБР-2 – назначение и основы конструкции.
10. Принцип работы и назначение реактора ИБР-2.
11. Основы конструкции энергетических реакторов.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Деление ядер под действием нейтронов: физика процесса, продукты деления.
2. Сечение деления урана быстрыми и тепловыми нейтронами.
3. Расчет критического размера сферы из водного раствора плутония с заданной молярной концентрацией плутония.
4. Использование ядерных реакторов в энергетике, преимущества ядерной энергетики.
5. Расчет критической толщины пластины из смеси графита и естественного урана при заданной молярной концентрации урана.
6. Элементарная теория замедления нейтронов: потеря энергии при однократном столкновении.
7. Определить период разгона реактора при заданном значении надкритичности.
8. Понятие критического реактора; оценка критичности в односкоростном диффузионном приближении.
9. Понятия геометрического и материального параметров реактора, формула критичности.

10. Рассчитать распределение нейтронов в сферическом критическом реакторе без отражателя в диффузионном односкоростном приближении.
11. Запаздывающие нейтроны, их влияние на кинетику реактора; понятия «реактивности» на мгновенных и запаздывающих нейтронах.
12. Рассчитать критическую концентрацию урана 90% обогащения по урану-235 в водном растворе, находящемся в сферическом сосуде заданного диаметра.
13. Способы влияния на коэффициент размножения нейтронов в реакторах.
14. Подвижный отражатель реактора ИБР-2 – назначение и основы конструкции.
15. Принцип работы и назначение реактора ИБР-2.
16. Основы конструкции энергетических реакторов.
17. Расчет распределения нейтронов в односкоростном диффузионном приближении в пластине с источником, распределенным по закону косинуса.
18. Понятие сечения взаимодействия нейтронов с веществом, плотности потока нейтронов и вычисление скорости реакций.
19. Расчет периода разгона импульсного периодического реактора при заданной надкритичности и параметрах реактора: времени генерации нейтронов, «равновесной» надкритичности, параметр параболы реактивности подвижного отражателя.
20. Вывод уравнения диффузии нейтронов. Границы применимости диффузионного приближения.
21. Расчет (в односкоростном диффузионном приближении) критической толщины пластины из металлического урана с заданным обогащением по ^{235}U .
22. Метод Монте-Карло в задачах переноса нейтронов.
23. Расчет распределение нейтронов в односкоростном диффузионном приближении в пластине с источником на поверхности

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Методические рекомендации преподавателю

Физика реакторов в ее обычно применяемом в существующей учебной литературе достаточно подробном и строгом изложении недоступна для надежного усвоения студентами в течение одного семестра. К тому же широта заложенных в программу курса вопросов (и физика реакторов, и описание разных типов реакторов, и ядерная энергетика) не характерна для имеющейся литературы. Поэтому главная задача преподавателя - донести весь обширный материал курса до студента – может быть решена лишь при условии особой наглядности и доступности изложения. В части транспорта нейтронов и критичности реактора этому критерию соответствует диффузионный подход. Он обеспечивает студенту более легкое освоение материала без искажения качественной стороны вопросов. Полезно демонстрировать те ли иные реакторные проблемы или эффекты на конкретных примерах из практики. Приобщение будущего физика к современным методам расчета транспорта нейтронов и решению других реакторных задач обеспечивается изложением принципа статистических испытаний и основных алгоритмов его реализации.

Практические занятия должны дать студенту навыки решения простых задач реакторной физики диффузионным методом.

Рекомендуется готовить демонстрационные слайды в цифровой форме (например, программой Power Point Presentation) для обеспечения возможности копирования их студентами после лекции на персональные носители информации; каждый слайд нужно готовить в виде, полностью готовом для восприятия (с подписями, пояснениями).

Студенты должны получить ясное представление о процессах, идущих в ядерных реакторах, о методах приближенного расчета ядерных реакторов, о применении ядерных реакторов в различных областях науки и техники. Отдельное внимание в курсе уделяется вопросам безопасности ядерной энергетике.

Ядерная энергетика является энергетикой будущего. Техногенное развитие цивилизации в течение последующих нескольких сотен лет будет возможно только при использовании природных запасов урана и тория. В 2007 году ядерные электростанции давали 16% электрической энергии России; государственной программой развития этой отрасли предусмотрено увеличение этой доли до 25 % к 2020 году. Помимо энергетики, ядерные реакторы используются для научных и прикладных исследований как мощные источники нейтронов в очень широком спектре направлений: физика ядра и элементарных частиц, изучение структуры и динамики конденсированного состояния, биологических и геологических объектов, наноструктур, элементного анализа и т.д. Помимо этого, именно в Дубне действует самый интенсивный в мире импульсный исследовательский реактор ИБР-2. Для современных ученых – специалистов в области ядерной физики, в каком бы направлении они не работали, знание основ физики реакторов и ядерной энергетики является необходимым элементом общей эрудиции и квалификации, а для многих может стать и важным фактором эффективности их работы. В связи с этим, настоящий курс является важной частью общепрофессиональной подготовки бакалавров в области ядерной физики.

Методические рекомендации студентам

При изучении данного курса предполагается наличие у студента знаний в рамках стандартного курса ядерной физики и методов решения линейных дифференциальных уравнений. Хотя учебники, учебные пособия и монографии по данной дисциплине имеются, тем не менее конспектирование большинства лекций необходимо по следующей причине:

Комплекс знаний, излагаемых в данном курсе, охватывает более широкий круг вопросов, чем каждая из рекомендованных пособий, и в то же время изложение материала построено на упрощенном подходе, позволяющем студенту более легкое освоение материала без искажения качественной стороны вопросов. Посещение семинаров необходимо для приобретения навыка решения практических задач реакторной физики (в каждом экзаменационном билете есть такая задача). Для более глубокого изучения и самостоятельной работы лучше использовать рекомендуемую литературу - Интернет имеет хороший ресурс информации только по ядерной энергетике (например, сайты <http://www.icjt.org/nukestat/index.html> , <http://www.world-nuclear.org/education/whyu.htm>) и др.); по физике реакторов есть англоязычные сайты, например, <http://www.nephy.chalmers.se/staff-pages/demaz/new/teaching/>; на русском языке подходящих сайтов по физике реакторов не имеется.

Для наглядного представления материала при чтении лекций используется около 300 слайдов. После каждой лекции можно получить у лектора электронные копии использованных слайдов. Кроме того, студентам предоставляются твердые копии таблиц данных и графиков с данными, необходимыми при решении задач.

По каждой теме рекомендуется иметь краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания.

Владение курсом общей физики и квантовой механики. Крайне желательно владение английским языком. Самостоятельное решение предлагаемых задач на качественное понимание учебного материала.