

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Атомные электростанции и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Теория переноса нейтронов**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лунчев Ю.В.
	Идентификатор	R7921b264-LunchevYV-64338920

Ю.В. Лунчев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов В.И.
	Идентификатор	Rf4bcbd4b-MelikhovVI-7cf385d8

В.И.
Мелихов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостова М.С.
	Идентификатор	R5ead212f-KhvastovaMS-a4cf11ca

М.С.
Хвостова

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен проводить расчеты характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах АЭС и других энергетических установок

ИД-1 Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС

2. ПК-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы

ИД-1 Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Диффузия моноэнергетических нейтронов (Контрольная работа)
2. Замедление нейтронов в бесконечных гомогенных средах (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Нейтронно-физические характеристики процесса перемещения нейтронов (Лабораторная работа)
2. Особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Диффузия моноэнергетических нейтронов (Контрольная работа)
- КМ-2 Замедление нейтронов в бесконечных гомогенных средах (Контрольная работа)
- КМ-3 Особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах (Лабораторная работа)
- КМ-4 Нейтронно-физические характеристики процесса перемещения нейтронов (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4

	КМ:				
	Срок КМ:	4	8	12	14
Диффузия моноэнергетических нейтронов					
Диффузия моноэнергетических нейтронов		+			+
Замедление нейтронов в бесконечных средах					
Замедление нейтронов в бесконечных средах			+		
Пространственно-энергетическое распределение нейтронов					
Пространственно-энергетическое распределение нейтронов				+	+
Вес КМ:		25	25	25	25

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС	Знать: теорию диффузии моноэнергетических нейтронов Уметь: выполнять расчеты характеристик диффузии нейтронов в реакторных средах	КМ-1 Диффузия моноэнергетических нейтронов (Контрольная работа) КМ-4 Нейтронно-физические характеристики процесса перемещения нейтронов (Лабораторная работа)
ПК-3	ИД-1 _{ПК-3} Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов	Знать: особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах теорию замедления нейтронов в бесконечных средах Уметь: анализировать зависимости нейтронно-физических характеристик процесса перемещения нейтронов от состава и физического состояния	КМ-2 Замедление нейтронов в бесконечных гомогенных средах (Контрольная работа) КМ-3 Особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах (Лабораторная работа) КМ-4 Нейтронно-физические характеристики процесса перемещения нейтронов (Лабораторная работа)

		среды	
--	--	-------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Диффузия моноэнергетических нейтронов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: По билетам.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы билета.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теорию диффузии моноэнергетических нейтронов	1. Уравнение диффузии. Физический смысл и размерность слагаемых в уравнении. 2. Закон Фика. Условие справедливости диффузионного приближения. 3. Граничные условия в диффузионном приближении. Смысл использования экстраполированного размера. 4. Скорость взаимодействия для моноэнергетических нейтронов в односкоростном приближении.
Уметь: выполнять расчеты характеристик диффузии нейтронов в реакторных средах	1. Определение, физический смысл и размерность параметров траектории среднего нейтрона. 2. Определение, физический смысл и размерность длины диффузии. 3. Определение, физический смысл, размерность потока и плотности диффузионного тока нейтронов.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Замедление нейтронов в бесконечных гомогенных средах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: По билетам.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы билета.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теорию замедления нейтронов в бесконечных средах	1. От чего и как зависит энергия упруго рассеявшегося нейтрона в лабораторной системе координат. 2. Определения, размерности и физический смысл характеристик замедлителей 3. Определения, размерности и физический смысл плотности замедления и вероятности избежать поглощения при замедлении 4. Определение, размерность, физический смысл и пределы изменения эффективного резонансного интеграла поглощения

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устные ответы на вопросы преподавателя по отчету по лабораторной работе.

Краткое содержание задания:

Защитить лабораторные работы "Определение длины диффузии для графита методом сигма-призмы" и "Изучение пространственного распределения резонансных и тепловых нейтронов в воде"

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах	1.Объяснить пространственное распределение потока тепловых нейтронов, т.е. $\Phi(x)$ и $\Phi(z)$. 2.Как влияют геометрические характеристики источника нейтронов на $\Phi(x)$ и $\Phi(z)$? 3.Как изменится пространственное распределение нейтронов, если учесть остаточную активность? Дать качественное описание алгоритма учета остаточной активности.
Уметь: анализировать зависимости нейтронно-физических характеристик процесса перемещения нейтронов от состава и физического состояния среды	1.Начертить и объяснить графики $\ln(\Phi_T) = f(z)$ при различных значениях энергии нейтронов источника. 2.Используя значения коэффициента k_{300} , оценить размеры области влияния верхней грани призмы на распределение $\Phi_T = f(z)$. 3.Точечный источник быстрых нейтронов окружен сферой из кадмия радиусом r . Начертить и объяснить распределения резонансных и тепловых нейтронов в воде. Сравнить с распределением нейтронов при отсутствии кадмиевой сферы. 4.Сравнить распределения резонансных и тепловых нейтронов по сферическим слоям в воде для источника нейтронов деления, используемого в данной работе. Объяснить различия между этими распределениями. 5.Обосновать необходимость и продолжительность высвечивания детектора после завершения серии экспериментов с облучением закадмированного детектора.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Нейтронно-физические характеристики процесса перемещения нейтронов

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устные ответы на вопросы преподавателя по отчету по лабораторной работе.

Краткое содержание задания:

Защитить лабораторные работы “Определение сечения радиационного захвата тепловых нейтронов для водорода” и “Определение коэффициента диффузного отражения тепловых нейтронов”

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: особенности пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах	1.Объяснить различие в распределении тепловых нейтронов по сферическим слоям для воды и водного раствора борной кислоты. 2.Объяснить различие в распределении резонансных нейтронов по сферическим слоям для воды и водного раствора борной кислоты.
Уметь: выполнять расчеты характеристик диффузии нейтронов в реакторных средах	1.Показать, что расчет $Q1$ и $Q2$ можно проводить, используя пространственные распределения нейтронов только в пределах бака. 2.При каком значении показания пересчетного прибора Dn его погрешность, обусловленная неточностью начала счета ($Dt = 0,2$ с), больше статистической составляющей погрешности Dn при учете только короткоживущего изотопа серебра? 3.Вывести формулу расчета для альбеда. 4.Проанализировать зависимость альбеда от размера области рассеивающей среды.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Теоретические вопросы:

1. Интегральное уравнение для потока моноэнергетических нейтронов.
2. Граничные условия в диффузионном приближении. Граница среды с вакуумом.

Практическая задача:

1. Проведение оценочного нейтронно-физического расчета характеристик процесса перемещения нейтронов в среде по одной из методик.

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС

Вопросы, задания

1. Понятие диффузии нейтронов. Параметры траектории среднего нейтрона, соотношения между этими параметрами и макроскопическими сечениями.
2. Уравнение диффузии. Условия справедливости диффузионного приближения.
3. Граничные условия в диффузионном приближении. Граница среды с вакуумом.
4. Односкоростное приближение для тепловых нейтронов. Параметры диффузии тепловых нейтронов.
5. Параметры диффузии замедляющихся нейтронов.
6. Сравнение параметров диффузии замедляющихся и тепловых нейтронов для разных сред.
7. Многогрупповой метод. Групповые диффузионные уравнения.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Диффузия нейтронов это:

Ответы:

- А) процесс, обусловленный тепловым движением группы нейтронов и наличием градиентов их концентрации;
- В) процесс перемещения группы нейтронов данной энергии из области с большей плотностью нейтронов в область с их меньшей плотностью;
- С) процесс перемещения нейтрона из области с большей плотностью нейтронов в область с их меньшей плотностью в результате взаимодействия с другими нейтронами различных энергий.

Верный ответ: В). процесс перемещения группы нейтронов данной энергии из области с большей плотностью нейтронов в область с их меньшей плотностью

2. Длина диффузии тепловых нейтронов это:

Ответы:

- А) величина, пропорциональная среднему значению смещения тепловых нейтронов в процессе диффузии от места появления до места поглощения;
- В) величина, пропорциональная среднему значению смещения быстрых нейтронов в процессе диффузии от места появления до места, где они поглощаются тепловыми;
- С) величина, пропорциональная среднему значению смещения нейтронов в процессе диффузии от места появления до места, где нейтроны становятся тепловыми.

Верный ответ: А) величина, пропорциональная среднему значению смещения

тепловых нейтронов в процессе диффузии от места появления до места поглощения

3. Расположить среды в порядке возрастания значения длины диффузии.

Ответы:

А) Уран-235 – Графит – Вода – Кадмий;

В) Вода – Графит – Кадмий – Уран-235;

С) Кадмий – Уран-235 – Вода – Графит.

Верный ответ: С) Кадмий – Уран-235 – Вода – Графит

2. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-3} Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов

Вопросы, задания

1. Зависимость вероятности избежать резонансного поглощения от параметров гомогенной среды.
2. Поток нейтронов. Скорость взаимодействия для моноэнергетических и немонаэнергетических нейтронов.
3. Спектры реакторных нейтронов в различных энергетических областях.
4. Плотность тока нейтронов. Закон Фика.
5. Модель непрерывного замедления. Уравнение возраста.
6. Скорость поглощения для замедляющихся нейтронов. Соотношения между скоростью поглощения, вероятностью избежать резонансного поглощения и эффективным резонансным интегралом поглощения.
7. Интегральное уравнение для потока моноэнергетических нейтронов.
8. Истинные резонансные интегралы поглощения и деления. Сравнение истинного и эффективного резонансных интегралов поглощения.
9. Эффективный резонансный интеграл поглощения. Модель непрерывного замедления. Уравнение возраста.
10. Плотность замедления. Вероятность избежать поглощения при замедлении.
11. Уравнение замедления в возрастном приближении.
12. Летаргия. Средняя логарифмическая потеря энергии. Характеристики замедлителей.
13. Пределы применимости уравнения замедления в возрастном приближении. Начальное и граничные условия.
14. Сравнение спектров замедляющихся нейтронов для различных сред.
15. Замедление на тяжелых рассеивателях с поглощением в приближениях узких резонансов и бесконечной массы.
16. Интегральное уравнение баланса нейтронов для задачи о замедлении на тяжелых рассеивателях с поглощением.
17. Замедление на тяжелых рассеивателях без поглощения.
18. Постановка задачи о замедлении нейтронов в бесконечной среде. Соотношения между параметрами упругого рассеяния нейтронов.
19. Замедление на водороде с поглощением.
20. Замедление на водороде без поглощения.
21. Ступенька замедления. Закон рассеяния.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Плотность потока нейтронов и плотность тока нейтронов, величины имеющие одинаковую размерность при этом:

Ответы:

- А) плотность потока нейтронов – векторная величина, плотность тока нейтронов – скалярная величина;
- В) плотность потока нейтронов – скалярная величина, плотность тока нейтронов – векторная величина;
- С) плотность потока нейтронов и плотность тока нейтронов – векторные величины.

Верный ответ: В) плотность потока нейтронов – скалярная величина, плотность тока нейтронов – векторная величина

2. Скорость взаимодействия моноэнергетических нейтронов это:

Ответы:

- А) количество взаимодействий в единице объема в единицу времени в окрестности точки с координатой (x, y, z) и в окрестности скорости V ;
- В) частота взаимодействий в единице объема в окрестности точки с координатой (x, y, z) и окрестности скорости V ;
- С) скорость взаимодействующих нейтронов в единице объема в окрестности точки с координатой (x, y, z) .

Верный ответ: А) количество взаимодействий в единице объема в единицу времени в окрестности точки с координатой (x, y, z) и в окрестности скорости V

3. Энергии нейтрона после рассеяния зависит от:

Ответы:

- А) массы ядра-рассеивателя, угла рассеяния, массы нейтрона;
- В) энергии нейтрона до столкновения, массы нейтрона, угла рассеяния;
- С) массы ядра-рассеивателя, энергии нейтрона до столкновения, угла рассеяния.

Верный ответ: С) массы ядра-рассеивателя, энергии нейтрона до столкновения, угла рассеяния

4. Расположить среды в порядке возрастания замедляющей способности.

Ответы:

- А) Графит – Вода – Уран – Тяжелая вода;
- В) Вода – Тяжелая вода – Уран – Графит;
- С) Уран – Графит – Тяжелая вода – Вода.

Верный ответ: С) Уран – Графит – Тяжелая вода – Вода

5. Приближение Узких Резонансов используется для получения:

Ответы:

- А) величины макроскопического сечения поглощения в сильном резонансе;
- В) спектра нейтронов в области действия сильного резонанса;
- С) величины максимальной потери энергии нейтроном в одном акте рассеяния в области действия сильного резонанса.

Верный ответ: В) спектра нейтронов в области действия сильного резонанса

6. Возраст тепловых нейтронов:

Ответы:

- А) среднее значение времени от момента рождения нейтронов до момента, когда нейтроны стали тепловыми в процессе замедления;
- В) величина, пропорциональная среднему значению квадрата смещения нейтронов в процессе замедления от места появления нейтронов до места, где нейтроны стали тепловыми;
- С) среднее значение время от момента рождения нейтронов до момента, когда нейтроны поглотились тепловыми в процессе замедления.

Верный ответ: В) величина, пропорциональная среднему значению квадрата смещения нейтронов в процессе замедления от места появления нейтронов до места, где нейтроны стали тепловыми

7. В практических приближенных расчетах используется факт, что форма спектра потока тепловых нейтронов примерно совпадает со:

Ответы:

- А) спектром Ферми;
- В) спектром Максвелла;
- С) спектром Уатта.

Верный ответ: В) спектром Максвелла

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».