

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

**Направление подготовки/специальность: 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы**

**Наименование образовательной программы: Моделирование процессов в ядерных реакторах**

**Уровень образования: высшее образование - специалитет**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Ядерная и нейтронная физика**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

## 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-1 Способен применять расчетно-теоретические методы, численное моделирование и экспериментальные навыки исследования физических процессов в ядерных энергетических установках

ИД-5 Применяет методы моделирования и расчета нейтронно-физических процессов в ядерных реакторах

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Ядерная физика (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Деление ядер (Перекрестный опрос)

2. Нейтронная физика (Перекрестный опрос)

3. Элементы квантовой механики (Перекрестный опрос)

### БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %	
	Индекс КМ:	КМ-1
	Срок КМ:	15
Элементы квантовой механики		
Элементы квантовой механики		+
	Вес КМ:	100

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %	
	Индекс КМ:	КМ-2
	Срок КМ:	15
Ядерная физика		
Ядерная физика		+
	Вес КМ:	100

9 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %		
	Индекс КМ:	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	8	15
Нейтронная физика			
Нейтронная физика		+	+
Деление ядер			
Деление ядер		+	+
	Вес КМ:	50	50

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## 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-1	ИД-5 <sub>ПК-1</sub> Применяет методы моделирования и расчета нейтронно-физических процессов в ядерных реакторах	Знать: элементы квантовой механики ядерные и нейтронно-физические процессы, происходящие в ядерных реакторах Уметь: выполнять расчёты для различных ядерных реакций анализировать зависимости сечений взаимодействия нейтронов в различных энергетических областях для различных нуклидов	Элементы квантовой механики (Перекрестный опрос) Ядерная физика (Контрольная работа) Нейтронная физика (Перекрестный опрос) Деление ядер (Перекрестный опрос)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

7 семестр

### КМ-1. Элементы квантовой механики

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 100

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный ответ студента на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

Дать ответ на вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: элементы квантовой механики	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Понятие релятивизма</li><li>2. Критерии релятивизма</li><li>3. Выражения для энергии, массы и импульса в релятивистском приближении</li><li>4. Физический смысл гипотезы Планка</li><li>5. Физический смысл гипотезы де Бройля</li> <li>6. Смысл волновой функции</li><li>7. Коэффициент прохождения; его зависимость от высоты барьера (ямы), от высоты барьера и ширины барьера конечной ширины</li></ol>
------------------------------------	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

## 8 семестр

### КМ-2. Ядерная физика

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 100

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** По билетам. Время на ответ - 45 мин.

**Краткое содержание задания:**

Дать ответы на вопросы билета

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: выполнять расчёты для различных ядерных реакций	1. Рассчитать максимальную энергию нейтрона для альфа-нейтронного источника в зависимости от кинетической энергии альфа-частицы, энергии возбуждения ядра продукта и угла вылета нейтрона. 2. Рассчитать минимальную энергию нейтрона для альфа-нейтронного источника в зависимости от кинетической энергии альфа-частицы, энергии возбуждения ядра продукта и угла вылета нейтрона.
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

## 9 семестр

### КМ-3. Нейтронная физика

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный ответ студента на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

Дать ответ на вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: ядерные и нейтронно-физические процессы, происходящие в ядерных реакторах	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Усреднённые эффективные сечения</li><li>2. Эффект Доплера</li><li>3. Общая характеристика взаимодействия</li><li>4. Радиационный захват. Закон <math>1/v</math></li><li>5. Сечение рассеяния</li><li>6. Сечение деления</li><li>7. Усреднение сечений по спектру Максвелла</li><li>8. Сравнение вероятностей процессов радиационного захвата и деления в области резонансных и «тепловых» нейтронов</li><li>9. Особенности взаимодействия нейтронов низких энергий</li><li>10. Зависимость сечения потенциального рассеяния</li><li>11. Зависимость сечения упругого резонансного рассеяния</li><li>12. Зависимость сечения неупругого рассеяния</li><li>13. Зависимость сечения радиационного захвата</li><li>14. Зависимость сечения деления. Роль чётности</li></ol>
Уметь: анализировать зависимости сечений взаимодействия нейтронов в различных энергетических областях для различных нуклидов	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Сравнить вероятностей процессов радиационного захвата и деления в области резонансных и «тепловых» нейтронов.</li><li>2. Сопоставление различных процессов в различных энергетических областях для различных массовых чисел</li><li>3. Зависимость сечения потенциального рассеяния.</li><li>4. Зависимость сечения упругого резонансного рассеяния.</li><li>5. Зависимость сечения неупругого рассеяния.</li><li>6. Зависимость сечения радиационного захвата.</li><li>7. Зависимость сечения деления. Роль чётности.</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

## КМ-4. Деление ядер

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный ответ студента на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

Дать ответ на вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: ядерные и нейтронно-физические процессы, происходящие в ядерных реакторах	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Механизм реакции деления</li><li>2.Делящиеся и сырьевые нуклиды</li><li>3.Стадии процесса деления</li><li>4.Энергия деления и её составляющие</li><li>5.Асимметрия деления</li><li>6.Бета-распад продуктов деления</li><li>7.Остаточное энерговыделение</li><li>8.Мгновенные и запаздывающие нейтроны</li><li>9.Нейтронно-физические характеристики делящихся ядер</li></ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

НИУ МЭИ	<b>БИЛЕТ № 1</b>	<i>Утверждаю: Зав. кафедрой</i>
	Кафедра Атомных электрических станций	« » 20 г.
		Дисциплина: <b>Ядерная и нейтронная физика</b> Институт: Тепловой и атомной энергетики
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Осколки деления и их свойства. Асимметрия деления.</li><li>2. Основные процессы в области «быстрых» нейтронов и зависимость их сечений от массового числа ядра-мишени и энергии налетающих нейтронов.</li><li>3. Классификация ядер по массовым числам.</li></ol>		

## Процедура проведения

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

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>ПК-1</sub> Применяет методы моделирования и расчета нейтронно-физических процессов в ядерных реакторах

### **Вопросы, задания**

- 1.Релятивизм.
- 2.Гипотеза квантов.
- 3.Фотоэффект и эффект Комптона.
- 4.Гипотеза де'Бройля.
- 5.Волновая функция.
- 6.Уравнение Шредингера.
- 7.Водородоподобный атом.
- 8.Момент количества движения.
- 9.Полная энергия квантовомеханической системы.
- 10.Орбитальный барьер.
- 11.Спин.
- 12.Квантовомеханическое состояние и квантовые числа.
- 13.Собственные значения и собственные функции физической величины.
- 14.Принцип Паули.

15. Ядерные силы.
16. Основные характеристики стабильности ядер.
17. Энергия связи и устойчивости ядер.
18. Капельная модель ядра.
19. Оболочечная модель ядра.
20. Основные характеристики радиоактивных ядер.
21. Виды радиоактивного распада.
22. Законы радиоактивного распада.
23. Накопление новых ядер.
24. Законы сохранения в ядерных реакциях.
25. Импульсная диаграмма рассеяния.
26. Энергетическая схема ядерной реакции.
27. Импульсная диаграмма ядерной реакции.
28. Модель реакции, идущей через стадию образования составного ядра.
29. Энергия реакции деления - оценки.
30. Механизм реакции деления.
31. Делящиеся и сырьевые изотопы.
32. Стадии процесса деления.
33. Осколки деления.
34. Распределение энергии по составляющим.
35. Нейтроны деления (мгновенные, запаздывающие).
36.  $\gamma$ -излучение (мгновенное, сопровождающее  $\beta$ -распад, захватное).
37. Продукты деления. Остаточное энерговыделение.
38. Нейтронно-физические характеристики делящихся ядер.
39. Виды взаимодействия нейтронов с ядрами.
40. Микроскопическое сечение взаимодействия.
41. Ядерная плотность. Макроскопическое сечение.
42. Классификация нейтронов по энергиям.
43. Классификация ядер по массовым числам.
44. Выход нейтронов.
45. Источники нейтронов.
46. Общая характеристика взаимодействия. Основные взаимодействия нейтронов в «быстрой» области.
47. Геометрическая интерпретация сечения образования составного ядра.
48. Дифракционное рассеяние «быстрых» нейтронов.
49. Полное сечение. Метод пропускания.
50. Неупругое рассеяние.
51. Деление. Роль чётности ядер.
52. Угловая зависимость сечения рассеяния. Роль орбитального момента.
53. Общая характеристика взаимодействия.
54. Вероятность образования составного ядра в резонансной области.
55. Формулы Брейта-Вигнера.
56. Радиационный захват.
57. Резонансное рассеяние. Интерференция потенциального и резонансного рассеяния. Роль орбитального момента.
58. Деление.
59. Усреднённые эффективные сечения.
60. Эффект Доплера.
61. Общая характеристика взаимодействия.
62. Сечение рассеяния.
63. Сечение деления.

64. Усреднение сечений по спектру Максвелла.
65. Сравнение вероятностей процессов радиационного захвата и деления в области резонансных и «тепловых» нейтронов.
66. Особенности взаимодействия нейтронов низких энергий.
67. Зависимость сечения потенциального рассеяния.
68. Зависимость сечения упругого резонансного рассеяния.
69. Сопоставление различных процессов в различных энергетических областях для различных массовых чисел.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие из перечисленных изотопов являются делящимися?

Ответы:

- А) U235
- Б) U234
- В) Th232
- Г) U238
- Д) Pu240
- Е) Pu239
- Ж) U236

Верный ответ: А) U235 Е) Pu239

2. Какие из перечисленных изотопов являются сырьевыми?

Ответы:

- А) U235
- Б) U234
- В) Th232
- Г) U238
- Д) Pu240
- Е) Pu239
- Ж) U236

Верный ответ: В) Th232 Г) U238

3. Назовите основные виды радиоактивного распада?

Ответы:

Необходимо перечислить.

Верный ответ: 1)  $\alpha$ -распад 2)  $\beta$ -распад 3)  $\gamma$ -распад 4) спонтанное деление

4. Какая частица испускается вместе с электроном при  $\beta$ -распаде?

Ответы:

- А) нейтрино
- Б) антинейтрино

Верный ответ: Б) антинейтрино

5. Ядром атома какого химического элемента является  $\alpha$ -частица?

Ответы:

Назовите химический элемент.

Верный ответ: Гелий

6. Укажите явления, в которых проявляется волновая природа электрона.

Ответы:

1. Дифракция электронов.
2. Термоэлектронная эмиссия.
3. Фотоэлектрический эффект.
4. Эффект Комптона.
5. Вторичная эмиссия электронов.

Верный ответ: 1. Дифракция электронов.

7. Укажите правильную запись уравнения Шрёдингера для стационарных состояний.

Ответы:

$$1) \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} \qquad 2) \Delta \Psi = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2}$$

$$3) \Delta \Psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \Psi = 0$$

$$4) \xi(x, t) = a \cos(\omega t - k x)$$

Верный ответ: Правильный ответ 3.

8. Укажите, какое из следующих утверждений является принципом Паули.

Ответы:

1. Состояние электрона в атоме характеризуется набором четырёх квантовых чисел.
2. В нормальном (невозбужденном) состоянии атома электроны должны располагаться на самых низких доступных для них энергетических уровнях.
3. В одном и том же атоме (или в какой-либо другой квантовой системе) не может быть двух электронов, обладающих одинаковой совокупностью четырёх квантовых чисел.
4. В квантовой системе первоначально заполняются состояния с наименьшей энергией.

Верный ответ: 3. В одном и том же атоме (или в какой-либо другой квантовой системе) не может быть двух электронов, обладающих одинаковой совокупностью четырёх квантовых чисел.

9. Как изменяются сечения радиационного захвата нейтронов с уменьшением энергии нейтронов?

Ответы:

- А) увеличиваются
- Б) уменьшаются

Верный ответ: А) увеличиваются

10. Как изменяются сечения упругого рассеяния нейтронов при малых энергиях (до резонансов)?

Ответы:

- А) увеличиваются с увеличением энергии
- Б) уменьшаются с увеличением энергии
- В) изменение энергии не влияет на сечение

Верный ответ: В) изменение энергии не влияет на сечение

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

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

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

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

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»