

**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  
Ядерная и нейтронная физика**

**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-KhvostovaMS-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

ИД-2 Демонстрирует владение навыком поиска, систематизации и обработки справочных данных и иной информации необходимой для выполнения расчетов и проведения экспериментов

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

ИД-4 Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности

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

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Элементы квантовой механики (Перекрестный опрос)

КМ-2 Ядерная физика (Контрольная работа)

КМ-3 Нейтронная физика (Перекрестный опрос)

КМ-4 Деление ядер (Перекрестный опрос)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %
-------------------	---------------------------------

	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Элементы квантовой механики					
Элементы квантовой механики		+			
Ядерная физика					
Ядерная физика			+		
Нейтронная физика					
Нейтронная физика				+	+
Деление ядер					
Деление ядер				+	+
	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 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС	Знать: элементы квантовой механики	КМ-1 Элементы квантовой механики (Перекрестный опрос)
ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует владение навыком поиска, систематизации и обработки справочных данных и иной информации необходимой для выполнения расчетов и проведения экспериментов	Уметь: анализировать зависимости сечений взаимодействия нейтронов в различных энергетических областях для различных нуклидов	КМ-3 Нейтронная физика (Перекрестный опрос)
ПК-3	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов	Знать: ядерные и нейтронно-физические процессы, происходящие в ядерных реакторах	КМ-3 Нейтронная физика (Перекрестный опрос) КМ-4 Деление ядер (Перекрестный опрос)
ПК-3	ИД-4 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на	Уметь: выполнять расчёты для различных ядерных реакций	КМ-2 Ядерная физика (Контрольная работа)

	конструктивные особенности		
--	-------------------------------	--	--

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

### КМ-1. Элементы квантовой механики

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

#### Краткое содержание задания:

Дать ответ на вопрос

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: элементы квантовой механики	1. Понятие релятивизма 2. Критерии релятивизма 3. Выражения для энергии, массы и импульса в релятивистском приближении 4. Физический смысл гипотезы Планка 5. Физический смысл гипотезы де Бройля  6. Смысл волновой функции 7. Коэффициент прохождения; его зависимость от высоты барьера (ямы), от высоты барьера и ширины барьера конечной ширины

#### 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. Ядерная физика

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

**Краткое содержание задания:**

Дать ответы на вопросы билета

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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 («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. Нейтронная физика

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

**Краткое содержание задания:**

Дать ответ на вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: ядерные и нейтронно-физические процессы, происходящие в ядерных реакторах	1. Сравнение вероятностей процессов радиационного захвата и деления в области резонансных и «тепловых» нейтронов 2. Особенности взаимодействия нейтронов низких энергий
Уметь: анализировать зависимости сечений взаимодействия нейтронов в различных энергетических областях для различных нуклидов	1. Сравнить вероятностей процессов радиационного захвата и деления в области резонансных и «тепловых» нейтронов. 2. Сопоставление различных процессов в различных энергетических областях для различных массовых чисел 3. Зависимость сечения потенциального рассеяния. 4. Зависимость сечения упругого резонансного рассеяния. 5. Зависимость сечения неупругого рассеяния. 6. Зависимость сечения радиационного захвата. 7. Зависимость сечения деления. Роль чётности.

**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. Деление ядер**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

**Краткое содержание задания:**

Дать ответ на вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: ядерные и нейтронно-физические процессы, происходящие в ядерных реакторах	1.Механизм реакции деления 2.Делящиеся и сырьевые нуклиды 3.Энергия деления и её составляющие 4.Бета-распад продуктов деления 5.Остаточное энерговыделение

**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

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

НИУ МЭИ	<b>БИЛЕТ № 1</b> Кафедра Атомных электрических станций	Утверждаю: Зав. кафедрой  « » 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-1<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС

### Вопросы, задания

- 1.Релятивизм.
- 2.Гипотеза квантов.
- 3.Фотоэффект и эффект Комптона.
- 4.Гипотеза де'Бройля.
- 5.Волновая функция.
- 6.Уравнение Шредингера.
- 7.Момент количества движения.
- 8.Полная энергия квантовомеханической системы.
- 9.Орбитальный барьер.
- 10.Спин.
- 11.Квантовомеханическое состояние и квантовые числа.
- 12.Ядерные силы.
- 13.Резонансное рассеяние. Интерференция потенциального и резонансного рассеяния. Роль орбитального момента.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. 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.

2. Укажите правильную запись уравнения Шрёдингера для стационарных состояний.

Ответы:

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

$$3) \Delta \Psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \Psi = 0 \qquad 4) \xi(x, t) = a \cos(\omega t - k x)$$

Верный ответ: Правильный ответ 3.

3. 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.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2пк-2 Демонстрирует владение навыком поиска, систематизации и обработки справочных данных и иной информации необходимой для выполнения расчетов и проведения экспериментов

## Вопросы, задания

1. Микроскопическое сечение взаимодействия.
2. Ядерная плотность. Макроскопическое сечение.
3. Общая характеристика взаимодействия. Основные взаимодействия нейтронов в «быстрой» области.
4. Геометрическая интерпретация сечения образования составного ядра.
5. Полное сечение. Метод пропускания.
6. Угловая зависимость сечения рассеяния. Роль орбитального момента.
7. Усреднённые эффективные сечения.
8. Сечение рассеяния.
9. Сечение деления.
10. Усреднение сечений по спектру Максвелла.
11. Зависимость сечения потенциального рассеяния.

## Материалы для проверки остаточных знаний

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

Ответы:

- А) увеличиваются
- Б) уменьшаются

Верный ответ: А) увеличиваются

2. 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

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-3</sub> Знает принципы работы, компоновку и физические особенности реакторных установок различных типов

#### Вопросы, задания

1. Делящиеся и сырьевые изотопы.
2. Нейтроны деления (мгновенные, запаздывающие).
3.  $\gamma$ -излучение (мгновенное, сопровождающее  $\beta$ -распад, захватное).
4. Продукты деления. Остаточное энерговыделение.
5. Нейтронно-физические характеристики делящихся ядер.
6. Виды взаимодействия нейтронов с ядрами.
7. Выход нейтронов.
8. Источники нейтронов.

#### 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

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-3</sub> Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности

#### Вопросы, задания

1. Виды радиоактивного распада.
2. Законы радиоактивного распада.
3. Накопление новых ядер.
4. Механизм реакции деления.
5. Радиационный захват.

6. Деление.
7. Особенности взаимодействия нейтронов низких энергий.
8. Зависимость сечения упругого резонансного рассеяния.
9. Сопоставление различных процессов в различных энергетических областях для различных массовых чисел.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Назовите основные виды радиоактивного распада?

Ответы:

Необходимо перечислить.

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

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

Ответы:

А) нейтрино

Б) антинейтрино

Верный ответ: Б) антинейтрино

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

Ответы:

Назовите химический элемент.

Верный ответ: Гелий

### **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».