

**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: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Ядерная физика**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов Д.А.
	Идентификатор	R926d1db2-IvanovDA-83b905bf

Д.А. Иванов

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-4 Способен принимать участие в расчетах характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования, ядерных и плазменных установок

ИД-1 Владеет физическим описанием процессов взаимодействия ядерных частиц, протекающих в ядерных установках

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Деление ядер. Взаимодействие нейтронов с веществом» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Свойства атомных ядер» (Контрольная работа)
3. Расчетное задание (Решение задач)
4. Тестирование «Радиоактивный распад» (Проверочная работа)

БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	14
Строение атома и элементарные частицы					
Строение атома и элементарные частицы	+				
Физические свойства атомных ядер					
Физические свойства атомных ядер	+	+			
Ядерные превращения					
Ядерные превращения			+		
Взаимодействие движущихся частиц с веществом					
Взаимодействие движущихся частиц с веществом	+	+	+	+	+
Вес КМ:		15	25	25	35

\$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-4	ИД-1ПК-4 Владеет физическим описанием процессов взаимодействия ядерных частиц, протекающих в ядерных установках	Знать: основные законы ядерной физики, механизмы ядерных реакций и процессы распада, слияния и деления ядер основные свойства ядер элементы теории взаимодействия ядерных излучений с веществом Уметь: применять фундаментальные знания для решения задач применительно к ядерным и нейтронно-физическим процессам	Контрольная работа «Свойства атомных ядер» (Контрольная работа) Тестирование «Радиоактивный распад» (Проверочная работа) Контрольная работа «Деление ядер. Взаимодействие нейтронов с веществом» (Контрольная работа) Расчетное задание (Решение задач)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа «Свойства атомных ядер»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение письменной работы по билетам

Краткое содержание задания:

Проверка знаний основных свойств ядер и умения использовать представления о свойствах атомных ядер для решения задач

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные свойства ядер	1. Каков физический смысл массового числа ядра? 2. Каков физический смысл зарядового числа ядра? 3. В чем состоят основные выводы опыта Резерфорда? 4. Какие модели атомных ядер вам известны? 5. Почему невозможна протон-электронная модель ядра?
Уметь: применять фундаментальные знания для решения задач применительно к ядерным и нейтронно-физическим процессам	1. Альфа-частицы с кинетической энергией $T = 6.5$ МэВ испытывают резерфордовское рассеяние на ядре золота ^{197}Au . Определить параметр столкновения b для альфа-частиц, наблюдаемых под углом 90 градусов? 2. Золотая пластинка толщиной $l = 1$ мкм облучается пучком α -частиц с плотностью потока $j = 105$ частиц/см 2 ·с. Кинетическая энергия α -частиц $T = 5$ МэВ. Сколько α -частиц на единицу телесного угла падает в секунду на детектор, расположенный под углом $\theta = 170^\circ$ к оси пучка? Площадь пятна пучка на мишени $S = 1$ см 2 3. Альфа-частицы с кинетической энергией $T = 6.5$ МэВ испытывают резерфордовское рассеяние на ядре золота ^{197}Au . Определить минимальное расстояние r_{min} сближения альфа-частиц с ядром. 4. Массы нейтрона и протона в энергетических единицах равны соответственно $m_n = 939.6$ МэВ и $m_p = 938.3$ МэВ. Определить массу ядра ^2H в энергетических единицах, если энергия связи дейтрона $E_{\text{св}}(^2\text{H}) = 2.2$ МэВ 5. Масса нейтрального атома ^{16}O $m_{\text{ат}}(A, Z) = 15.9949$ а.е.м. Определить удельную энергию связи ϵ ядра ^{16}O .

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

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-2. Тестирование «Радиоактивный распад»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение письменной работы по билетам

Краткое содержание задания:

Проверка знаний основных законов радиоактивного распада и умения использовать эти знания для решения тестовых задач

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные законы ядерной физики, механизмы ядерных реакций и процессы распада, слияния и деления ядер	1.Сформулируйте закон радиоактивного распада 2.Что называется постоянной распада? 3.Каков физический смысл периода полураспада? 4.Какие виды радиоактивного распада вам известны? 5.Какая величина называется активностью образца? 6.Как связаны друг с другом период полураспада и постоянная распада?
Уметь: применять фундаментальные знания для решения задач применительно к ядерным и нейтронно-физическим процессам	1.Активность препарата ^{32}P равна 2 мкКи. Какая масса такого препарата? Период полураспада ^{32}P 14.5 суток. 7.1·10⁻¹² г 7.1·10 ⁻¹² кг 14,2·10 ⁻¹² г 2.Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного иода ^{131}I в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа ^{131}I равен 193 часам. 1,09 2,18 0,545 3.Определить энергию W, выделяемую 1 мг препарата ^{210}Po за время, равное среднему времени жизни, если при одном акте распада выделяется энергия E = 5.4 МэВ. Выразите ответ в 10 ⁻¹³ эрг. 1,6 16 32 4.Какое количество ядер должно делиться в 1 сек для получения мощности в 1 Вт? Выразите ответ в 10 ²⁰ ядер

	0,31 1 0,031 5.Какая масса урана-235 делится в секунду в ядерном реакторе мощностью 1000 МВт? 12 мг 12 г 0,12 г
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или даны правильные ответы на не менее 75% вопросов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если даны правильные ответы на не менее 65% вопросов

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено или даны правильные ответы на не менее 50% вопросов

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или даны правильные ответы на менее 50% вопросов

КМ-3. Контрольная работа «Деление ядер. Взаимодействие нейтронов с веществом»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение письменной работы по билетам

Краткое содержание задания:

Проверка знаний основных законов деления ядер и умения использовать эти законы для решения задач

Контрольные вопросы/задания:

Знать: элементы теории взаимодействия ядерных излучений с веществом	1.В каком случае ядро изотопа может совершить акт деления? 2.Опишите процесс деления ядер в рамках капельной модели 3.Какие процессы могут происходить при взаимодействии нейтронов с веществом? 4.Что называется сечением захвата нейтронов? 5.Назовите основные характеристики процесса рассеяния нейтронов в веществе?
Уметь: применять фундаментальные знания для решения задач применительно к ядерным и нейтронно-физическим процессам	1.Докажите, что основная часть энергии деления освобождается в виде кинетической энергии осколков. 2.Наиболее вероятное деление ^{235}U тепловыми нейтронами приводит к появлению в качестве

	осколков ядер ^{139}Xe и ^{92}Sr с суммарной кинетической энергией $T \approx 170 \text{ МэВ}$. Определить, как распределяется эта энергия между ядрами ^{139}Xe и ^{92}Sr и каковы скорости их движения. Считать, что ядро делилось в состоянии покоя. 3. Определить кинетическую энергию конечного ядра при β^--распаде ядра ^{64}Cu, когда энергия антинейтрино равна нулю. Энергии связи ядер ^{64}Cu - 559.32 МэВ и ^{64}Zn - 559.12 МэВ. 4. Даны избытки масс атомов $\Delta(^{114}\text{Cd}) = -90.021 \text{ МэВ}$, $\Delta(^{114}\text{In}) = -88.379 \text{ МэВ}$ и $\Delta(^{114}\text{Sn}) = -90.558 \text{ МэВ}$. Определить возможные виды β-распада ядра ^{114}In. 5. Средняя энергия нейтронов, испускаемых радий-бериллиевым источником в реакции $^9\text{Be}(\alpha, n)^{12}\text{C}$, равна 6 МэВ. Оценить среднее количество актов рассеяния нейтрона на ядрах водорода, необходимое для уменьшения его энергии до тепловой. 6. Сечение захвата $\sigma_{\text{захв}}$ тепловых нейтронов ядрами железа 2.5 б, плотность железа 7.8 г/см³. Оценить длину свободного пробега тепловых нейтронов в железе. 7. Ядро ^{7}Li захватывает медленный нейтрон и испускает γ-квант. Чему равна энергия γ-кванта?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

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: 65

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. Расчетное задание

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Самостоятельное выполнение студентом (в течение 3 недель) письменной работы по варианту задания и проверка преподавателем сданных работ

Краткое содержание задания:

Проверка умения применять фундаментальные знания для решения задач, посвященных описанию ядерных и нейтронно-физических процессов

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять фундаментальные знания для решения задач применительно к ядерным и нейтронно-физическим процессам	1. Ядро ^{27}Si в результате β^+-распада $^{27}\text{Si} \rightarrow ^{27}\text{Al} + e^+ + \nu_e$ переходит в "зеркальное" ядро ^{27}Al. Максимальная энергия позитронов 3.48 МэВ. Оценить радиус этих ядер. 2. Определить верхнюю границу возраста Земли, считая, что весь имеющийся на Земле ^{40}Ar образовался из ^{40}K в результате e-захвата. В настоящее время на каждые 300 атомов ^{40}Ar приходится один атом ^{40}K. 3. В результате α-распада радий ^{226}Ra превращается в радон ^{222}Rn. Какой объем радона при нормальных условиях будет находиться в равновесии с 1 г радия? Период полураспада ^{226}Ra. $T_{1/2}(^{226}\text{Ra}) = 1600$ лет, $T_{1/2}(^{222}\text{Rn}) = 3.82$ дня. 4. Используя значения масс атомов, определить верхнюю границу спектра позитронов, испускаемых при β^+-распаде ядра ^{27}Si. $M(^{27}\text{Si}) = 25137.961$ МэВ, $M(^{27}\text{Al}) = 25133.150$ МэВ (массы в энергетических единицах). 5. Определить энергию отдачи ядра ^7Li, образующегося при e-захвате в ядре ^7Be. Даны энергии связи ядер - $E_{\text{св}}(^7\text{Be}) = 37.6$ МэВ, $E_{\text{св}}(^7\text{Li}) = 39.3$ МэВ. 6. Используя формулу Вайцеккера, получить соотношение для вычисления энергии спонтанного деления на два одинаковых осколка и рассчитать энергию симметричного деления ядра ^{238}U. 7. Рассчитать, какая энергия освобождается при делении 1 г урана. 8. Пучок протонов с кинетической энергией $T = 500$ МэВ и током $I = 1$ мА проходит через медную пластину толщиной $D = 1$ см. Рассчитать мощность W, рассеиваемую пучком в пластине. 9. Как влияет заряд ядер вещества на абсолютные величины сечений и на относительный вклад отдельных сечений в полное сечение взаимодействия гамма-квантов с веществом? 10. При облучении мишени из натурального бора наблюдалось появление радиоактивных изотопов с периодами полураспада 20.4 мин и 0.024 с. Какие образовались изотопы? Какие реакции привели к образованию этих изотопов?
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

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: 65

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

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Перечислите основные виды распада ядер и назовите условия их осуществления
2. Протон с кинетической энергией $T_a = 5$ МэВ налетает на ядро ${}^1\text{H}$ и упруго рассеивается на нем. Определить энергию T_B и угол рассеяния θ_B ядра отдачи ${}^1\text{H}$, если угол рассеяния протона $\theta_a = 30$ градусов
3. Оценить радиус ядра меди, если известно, что при прохождении высокоэнергетических нейтронов через пластинку меди толщиной 2 см поток нейтронов уменьшился в 1.1 раза. Размером нейтрона пренебречь. $\rho(\text{Cu}) = 9$ г/см³.

Процедура проведения

- студент получает билет с заданием по материалу дисциплины; - студент готовит ответ на вопросы задания; - преподаватель устно опрашивает студента и выставляет оценку

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-4} Владеет физическим описанием процессов взаимодействия ядерных частиц, протекающих в ядерных установках

Вопросы, задания

1. Какая доля падающего пучка тепловых нейтронов поглотится в листе железа толщиной 1 см? Плотность железа 7.8 г/см³. Сечение захвата $\sigma_{\text{захв}}$ тепловых нейтронов ядрами железа 2.5 б
2. Пучок нейтронов с энергией 0.5 МэВ падает на алюминиевую фольгу толщиной 1 мм. Определить, какая часть нейтронов пучка будет захвачена ядрами фольги, если сечение захвата ядрами ${}^{27}\text{Al}$ нейтронов указанной энергии равно $2 \cdot 10^{-26}$ см². Плотность алюминия 2.7 г/см³.
3. Перечислить несколько ядерных реакций, в которых может образоваться изотоп ${}^8\text{Be}$.
4. Какую минимальную кинетическую энергию в лабораторной системе T_{min} должен иметь нейтрон, чтобы стала возможной реакция ${}^{16}\text{O}(n, \alpha){}^{13}\text{C}$?
5. Определить в лабораторной системе кинетическую энергию ядра ${}^9\text{Be}$, образующегося при пороговом значении энергии нейтрона в реакции ${}^{12}\text{C}(n, \alpha){}^9\text{Be}$
6. Мишень из натурального бора бомбардируется протонами. После окончания облучения детектор альфа-частиц зарегистрировал активность 100 Бк. Через 40 мин активность образца снизилась до ~25 Бк. Каков источник активности? Какая ядерная реакция происходит?
7. Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома и проблема устойчивости атомов
8. Правило квантования Бора. Боровский радиус орбиты электрона. Экспериментальные доказательства дискретной структуры атомных уровней. Опыты Франка и Герца
9. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Сверхтонкая структура атомных спектров.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Является ли реакция $6\text{Li}(d,\alpha)4\text{He}$ эндотермической или экзотермической? Даны удельные энергии связи ядер в МэВ: $\varepsilon(d) = 1.11$; $\varepsilon(\text{He}) = 7.08$; $\varepsilon(6\text{Li}) = 5.33$.

Ответы:

эндотермической экзотермической

Верный ответ: эндотермической

2. Каков порог осуществления ядерной реакции: $7\text{Li}(p,\alpha)4\text{He}$

Ответы:

1 МэВ 512 кэВ порога не существует 300 эВ

Верный ответ: порога не существует

3. Возможна ли реакция: $\alpha + 7\text{Li} \rightarrow 10\text{B} + n$ под действием α -частиц с кинетической энергией $T = 10$ МэВ?

Ответы:

да нет

Верный ответ: да

4. Возможна ли реакция $\alpha + 12\text{C} \rightarrow 14\text{N} + d$ под действием α -частиц с кинетической энергией $T = 10$ МэВ?

Ответы:

да нет

Верный ответ: нет

5. Определите частицу X и в реакции: $35\text{Cl} + X = 32\text{S} + \alpha$

Ответы:

протон электрон позитрон нейтрон

Верный ответ: протон

6. Определите частицу X и в реакции: $10\text{B} + X = 7\text{Li} + \alpha$

Ответы:

протон электрон позитрон нейтрон

Верный ответ: нейтрон

7. Определите частицу X и в реакции: $7\text{Li} + X = 7\text{Be} + n$

Ответы:

протон электрон позитрон нейтрон α -частица

Верный ответ: протон

8. Определите частицу X и в реакции: $23\text{Na} + p = 20\text{Ne} + X$

Ответы:

протон электрон позитрон нейтрон α -частица

Верный ответ: α -частица

9. Определите частицу X и в реакции: $23\text{Na} + d = 24\text{Mg} + X$

Ответы:

протон электрон позитрон нейтрон α -частица

Верный ответ: нейтрон

10. Определите частицу X и в реакции: $23\text{Na} + d = 24\text{Na} + X$

Ответы:

протон электрон позитрон нейтрон α -частица

Верный ответ: протон

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

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: 65

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка за освоение дисциплины за семестр формируется в соответствии с "Положением о БАРС" на основании зачетной и семестровой составляющих