

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.07</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 2;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>72 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 20 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 8 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 43,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

Д.А. Иванов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение ядерных и нейтронно-физических процессов, происходящих в ядерных реакторах и установках термоядерного синтеза и приобретение навыков решения задач для различных процессов

### Задачи дисциплины

- изучение основных физических явлений и законов современной ядерной физики;
- изучение ядерных и нейтронно-физических процессов, имеющих место в ядерных реакторах различных типов и установках термоядерного синтеза;
- приобретение навыков использования различных методов решения задач по ядерной и нейтронной физике;
- приобретение первичных навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании элементов ядерных и термоядерных реакторов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-5 Способен принимать участие в расчетах характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования, ядерных и плазменных установок	ИД-1ПК-5 Владеет физическим описанием процессов взаимодействия ядерных частиц, протекающих в ядерных установках	

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма, элементы квантовой механики и атомной физики и их математическое описание
- знать способы решения систем уравнений
- уметь применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма, квантовой механики и атомной физики для решения типовых задач
- уметь решать системы уравнений

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Строение атома и элементарные частицы	10	6	6	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Строение атома и элементарные частицы"</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекций</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Строение атома и элементарные частицы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Строение атома и элементарные частицы" и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Строение атома и элементарные частицы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p>
1.1	Строение атома и элементарные частицы	10		6	-	2	-	-	-	-	-	-	2	

														<p>"Строение атома и элементарные частицы"  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [1], 46-61  [2], 13-21, 81-150  [3], 42-107  [4], 197-199  [6], 362-367  [10], 50-94, 371-400  [11], 487-510</p>
2	Физические свойства атомных ядер	16	6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u>  Повторение материала по разделу "Физические свойства атомных ядер"</p>	
2.1	Физические свойства атомных ядер	16	6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>  Проработка лекции, подготовка к тестированию  <u>Подготовка домашнего задания:</u>  Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Физические свойства атомных ядер" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.  <u>Подготовка к практическим занятиям:</u>  Изучение материала по разделу "Физические свойства атомных ядер" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях  <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Физические свойства атомных ядер"  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [1], 231-240</p>	



													дополнительного материала по разделу "Ядерные превращения" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 244-265 [4], 215-217 [5], 62-80 [7], 4-30 [9], 18-23, 338-370, 406-430 [10], 63-109, 203-317
4	Взаимодействие движущихся частиц с веществом	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Взаимодействие движущихся частиц с веществом"
4.1	Взаимодействие движущихся частиц с веществом	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекций <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Взаимодействие движущихся частиц с веществом" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Взаимодействие движущихся частиц с веществом и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Взаимодействие движущихся частиц с веществом" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение</u></b>

														<p><b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Взаимодействие движущихся частиц с веществом"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Взаимодействие движущихся частиц с веществом". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 266-300 [4], 207-215 [9], 522-542 [10], 134-158</p>
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7		
	Всего за семестр	72.0	20	-	8	-	-	-	-	0.3	26	17.7		
	Итого за семестр	72.0	20	-	8	-	-	-	-	0.3	43.7			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Строение атома и элементарные частицы

#### 1.1. Строение атома и элементарные частицы

Атомы. Атомная масса. Число Лошмидта. Число Авогадро. Число атомов в единице объема. Размеры атомов. Ядерная структура атома. Атом Резерфорда-Бора. Строение атомного ядра. Протон-электронная модель. Протон-нейтронная модель. Состав ядра. Квантовая механика. Дифракция. Частица и волна. Постулаты де Бройля. Длина волны частицы. Соотношение неопределенностей. Элементы специальной теории относительности. Масса, энергия, импульс. Кинетическая энергия. Отдача атома при испускании электрона. Удельный импульс. Пороги рождения частиц. Порог эндонергетической ядерной реакции. Ядерные эффективные сечения. Определения. Плоская мишень. Объемная мишень. Средняя длина пути. Элементарные частицы. Регистрация микрочастиц. Элементарные частицы. Многообразие частиц. Классификация. Физические параметры. Парная природа. Взаимопревращаемость. Классы взаимодействий..

### 2. Физические свойства атомных ядер

#### 2.1. Физические свойства атомных ядер

Заряд ядра. Определения. Закон Мозли. Размер ядра. Моменты ядер. Спин. Магнитный момент. Электрический квадрупольный момент. Масса ядра и энергия связи. Масса частиц в связанном состоянии. Масса ядра и масса атома. Массовая единица. Масс-спектрометрия. Метод ядерных реакций. Дефект массы. Энергия связи, особенности энергии связи. Области бета-распадов. Получение свободной энергии. Ядерные силы. Основные свойства. Кулоновский и ядерный потенциалы ядра. Модели ядер. Возбужденные состояния ядер. Возбуждение и распад. Энергетический спектр ядра. Особенности ядерных спектров. Ширина уровней..

### 3. Ядерные превращения

#### 3.1. Ядерные превращения

Радиоактивность. Определение. Закон распада. Характеристики распада. Статистический характер распада. Накопление радиоактивности. Цепочка превращений. Единицы активности. Альфа-распад. Условие распада. Объяснение распада. Сравнение с опытом. Границы устойчивости. Радиоактивные семейства. Бета-распад. Условие распада. Типы распада. Энергия распада. Бета-спектрометр. Бета-спектр. Теория распада. Сравнение с опытом. Схема испускания запаздывающих нейтронов. Распад из возбужденных состояний. Гамма-излучение ядер. Время испускания гамма-кванта. Ядерная изомерия. Распространенность изомеров. Конверсия с образованием пары. Ядерные реакции. Определения. Механизм составного ядра. Энергия возбуждения. Ограничения по энергии и спину. Обоснование механизма составного ядра. Прямое взаимодействие. Закон сохранения энергии. Закон сохранения импульса. Закон сохранения механического момента. Другие законы сохранения. Вклад кинетической энергии в энергию возбуждения. Выход реакции. Реакции под действием заряженных частиц. Нейтронные реакции. Активация нейтронами. Ядерный фотоэффект. Деление тяжелых ядер. Возможность деления. Делимые и делящиеся нуклиды. Механизм деления. Энергия деления. Остаточное энерговыделение. Продукты деления. Нейтроны деления. Запаздывающие нейтроны..

### 4. Взаимодействие движущихся частиц с веществом

#### 4.1. Взаимодействие движущихся частиц с веществом

Осколки деления. Параметры осколков деления. Механизм потерь энергии. Электроны. Специфика электронов. Ионизация. Релятивистские электроны. Тормозное излучение. Рассеяние электронов. Пробеги электронов. Гамма-кванты. Определения. Фотоэффект. Комптон-эффект. Процесс образования пары. Протяженная защита от гамма-квантов. Нейтроны. Рассеяние и реакции. Энергетическая схема. Формула Брейта-Вигнера. Параметры резонансов. Допплер-эффект. Следствия из формулы Брейта-Вигнера. Энергетические области. Быстрые нейтроны. Промежуточные нейтроны. Тепловые нейтроны. Влияние химической связи..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Строение и свойства атомов (2 часа);
2. Основные свойства атомных ядер (1 час);
3. Контрольная работа «Свойства атомных ядер» (1 час);
4. Энергия связи ядер. Радиоактивный распад (1 час);
5. Тестирование «Радиоактивный распад» (1 час);
6. Элементарные частицы (1 час);
7. Контрольная работа «Деление ядер. Взаимодействие нейтронов с веществом» (1 час).

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №6)*

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

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 3 т. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебное пособие для вузов по техническим (550000) и технологическим (650000) направлениям / И. В. Савельев . – 10-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2011 . – 320 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0632-6 .;
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: В 5 т. Т.5. Атомная и ядерная физика : учебное пособие для физических специальностей вузов / Д. В. Сивухин . – 3-е изд., стереотип . – М. : Физматлит, 2008 . – 784 с. - ISBN 978-5-9221-0645-0 .;
3. Шпольский, Э. В. Атомная физика. В 2 т. Т.1. Введение в атомную физику : учебник / Э. В. Шпольский . – 8-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2010 . – 560 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1005-7 .;
4. Савельев, И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике : учебное пособие для вузов по направлениям 510000 "Естественные науки и математика", 540000 "Педагогические науки", 550000 "Технические науки" / И. В. Савельев . – 6-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2013 . – 288 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0638-8 .;
5. Сборник задач по общему курсу физики. В 5 кн. Кн.5. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц / В. Л. Гинзбург ; Ред. Д. В. Сивухин . – 5-е изд., стер . – М. : Физматлит, 2006 . – 184 с. - ISBN 5-922106-06-6 .;
6. Сборник задач по общей физике : учебное пособие для вузов по техническим направлениям и специальностям / Э. Б. Абражевич, И. В. Иванова, А. В. Кириченко, и др. ; Ред. В. М. Белокопытов . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 440 с. - ISBN 978-5-383-00098-4 .;
7. Алхутов, М. С. Деление ядер : Учебное пособие по курсу "Ядерная и нейтронная физика " / М. С. Алхутов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 32 с. - ISBN 5-7046-0475-7 : 2.50 .;
8. Алхутов, М. С. Элементы квантовой механики. Ядерная физика: Учебное пособие / М. С. Алхутов ; Ред. Г. Г. Бартоломей ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1993 . – 87 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7793](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7793);

9. Ишханов, Б. С. Частицы и атомные ядра : учебник для вузов по специальностям 010701 "Физика", 010705 "Физика атомного ядра и частиц" и направлению 010700 "Физика" / Б. С. Ишханов, И. М. Капитонов, Н. П. Юдин, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова (МГУ) . – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Эдиториал УРСС, 2007 . – 584 с. – (Классический университетский учебник) . - ISBN 978-5-382-00060-2 .;
10. Сивухин Д. В., Яковлев И. А.- "Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц" Т. 5, (5-е изд., стер.), Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2006 - (184 с.)  
[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2318;](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2318)
11. Курс общей физики : учебное пособие / М. К. Губкин, А. В. Дедов, Д. А. Иванов, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. Д. А. Иванов . – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 512 с. - Книга - победитель конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике, посвященного 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭРЛО . - ISBN 978-5-7046-2429-5 .  
[http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11612.](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11612)

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. MathCad;
5. Майнд Видеоконференции.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для	А-110,	стол преподавателя, стол компьютерный,

самостоятельной работы	Вычислительная лаборатория	стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Ядерная физика**

(название дисциплины)

**6 семестр****Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:****Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:
		Неделя КМ:
1	Строение атома и элементарные частицы	
1.1	Строение атома и элементарные частицы	
2	Физические свойства атомных ядер	
2.1	Физические свойства атомных ядер	
3	Ядерные превращения	
3.1	Ядерные превращения	
4	Взаимодействие движущихся частиц с веществом	
4.1	Взаимодействие движущихся частиц с веществом	
		Вес КМ, %: