

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ АТОМНОЙ ФИЗИКИ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.11.01.02
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	3 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	3 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	3 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	3 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	3 семестр - 93,5 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b>	
<b>Проверочная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	3 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Елецкий А.В.
	Идентификатор	Rd77ddbe5-YeletskyAV-fcb275b5

А.В. Елецкий

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лукашевский М.В.
	Идентификатор	Re4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab

М.В.  
Лукашевский

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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение физических свойств основных современных объектов атомной физики, методов их получения и исследования и их роли в природных и технологических системах

### Задачи дисциплины

- Усвоение основных физических свойств современных объектов атомной физики и методов их получения;
- Формирование у студентов основ научного мышления и понимания границ применимости физических понятий и теорий современных объектов атомной физики;
- Приобретение навыков анализа поведения различных объектов атомной физики в данных условиях;
- Усвоение основных методов исследования современных объектов атомной физики и их влияния на поведение природных и технологических систем.

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-1 Готов анализировать и моделировать технологические процессы, используемые в атомной энергетике, термоядерных исследованиях, плазменных установках	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Владеет основными подходами, применяемыми при анализе работы систем, содержащих неравновесные газообразные или слабоионизованные субстанции и объекты атомной физики	знать: - основные методы регистрации современных объектов атомной физики; - основные методы получения современных объектов атомной физики; - основные физические свойства современных объектов атомной физики; - основные соотношения атомной физики в атомной системе единиц.  уметь: - сформулировать условия разрушения тех или иных объектов атомной физики в данной системе; - сформулировать условия формирования тех или иных объектов атомной физики в данной системе; - установить, какие из объектов атомной физики образуются в данной системе в рассматриваемых условиях; - использовать атомную систему единиц измерений для решения задач по атомной физике.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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 4 зачетных единицы, 144 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	Виды ионов	42	3	12	-	4	-	-	-	-	-	26	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Виды ионов"</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 "Виды ионов" 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 практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Виды ионов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Виды ионов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 387-389 [2], 4-16</p>
1.1	Атомная система единиц	7		2	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Комплексный ион	9		2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
1.3	Отрицательный ион	13		4	-	1	-	-	-	-	-	8	-	
1.4	Многозарядный ион	13		4	-	1	-	-	-	-	-	8	-	
2	Виды атомов и молекул	42		12	-	6	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Виды</p>

2.1	Ридберговский атом	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	атомов и молекул"
2.2	Экцимерная молекула	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b>
2.3	Кластеры и кластерные ионы	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Виды атомов и молекул" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Виды атомов и молекул" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Виды атомов и молекул" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 16-29
3	Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен	12	4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен"
3.1	Фуллерены	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b>
3.2	Графен	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.

														<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 30-40,56-68 [3], 54-84, 109-174</p>
4	Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки"</p>	
4.1	Углеродные нанотрубки	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<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 "Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки" 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 практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Углеродные наноструктуры: углеродные</p>	

														нанотрубки" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 41-55
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	16		2		-	0.5		93.5	

**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. Виды ионов

##### 1.1. Атомная система единиц

Основные соотношения атомной физики в атомной системе единиц. Связь между безразмерными переменными (длина, скорость, частота, энергия и время) и реальными значениями этих параметров..

##### 1.2. Комплексный ион

Потенциал взаимодействия атома и иона. Энергия связи простых молекулярных ионов. Гидратированные комплексные ионы. Роль комплексных ионов в атмосферных процессах..

##### 1.3. Отрицательный ион

Энергия сродства электрона к атому. Процессы образования и разрушения отрицательных ионов. Процесс фотоприлипания в фотосфере Солнца. Электрическая прочность атмосферного воздуха..

##### 1.4. Многозарядный ион

Зависимость спектра многозарядного иона от его заряда. Способы образования многозарядных ионов. Проблема создания рентгеновского лазера..

#### 2. Виды атомов и молекул

##### 2.1. Ридберговский атом

Зависимость энергии электрона в ридберговском атоме от главного квантового числа. Получение и идентификация ридберговских атомов. Точные измерения с помощью ридберговских атомов. Проблема реликтового излучения..

##### 2.2. Эксимерная молекула

Структура эксимерной молекулы. Механизмы образования эксимерных молекул. Эксимерные лазеры..

##### 2.3. Кластеры и кластерные ионы

Структура кластеров. Магические числа. Способы получения кластеров и кластерных пучков. Образование кластеров газодинамическом сопле..

#### 3. Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен

##### 3.1. Фуллерены

История открытия фуллеренов. Структура фуллеренов. Получение фуллеренов в плазме дугового разряда с графитовыми электродами. Экстракция фуллеренов методом SOXLET. Разделение фуллеренов методом жидкостной хроматографии..

##### 3.2. Графен

История открытия графена. Структура графена. Структурные дефекты графена. Методы получения графена. Термическое восстановление оксида графена. Перколяционная проводимость и нелинейные электрические характеристики частично восстановленного оксида графена..

#### 4. Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки

##### 4.1. Углеродные нанотрубки

История открытия углеродных нанотрубок (УНТ). Структура УНТ. Однослойные и многослойные УНТ. Хиральность. Эмиссионные свойства УНТ. Сорбционные свойства УНТ. Полимерные нанокомпозиты с присадкой УНТ. Перколяционная проводимость. Усиление сигнала комбинационного рассеяния в присутствии УНТ..

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

1. Атомная система единиц.
2. Комплексный ион.
3. Отрицательный ион.
4. Многозарядный ион.
5. Ридберговский атом.
6. Эксимерная молекула.
7. Кластеры и кластерные ионы
8. Углеродные наноструктуры.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Комплексный ион"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Ридберговский атом"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Углеродные наноструктуры"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки"

### **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	
<b>Знать:</b>						
основные соотношения атомной физики в атомной системе единиц	ИД-4ПК-1				+	Проверочная работа/Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки
основные физические свойства современных объектов атомной физики	ИД-4ПК-1	+				Проверочная работа/Виды ионов
основные методы получения современных объектов атомной физики	ИД-4ПК-1			+		Проверочная работа/Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен
основные методы регистрации современных объектов атомной физики	ИД-4ПК-1		+			Проверочная работа/Виды атомов и молекул
<b>Уметь:</b>						
использовать атомную систему единиц измерений для решения задач по атомной физике	ИД-4ПК-1				+	Проверочная работа/Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки
установить, какие из объектов атомной физики образуются в данной системе в рассматриваемых условиях	ИД-4ПК-1		+			Проверочная работа/Виды атомов и молекул
сформулировать условия формирования тех или иных объектов атомной физики в данной системе	ИД-4ПК-1	+				Проверочная работа/Виды ионов
сформулировать условия разрушения тех или иных объектов атомной физики в данной системе	ИД-4ПК-1			+		Проверочная работа/Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен

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

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

**3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Виды атомов и молекул (Проверочная работа)
2. Виды ионов (Проверочная работа)
3. Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки (Проверочная работа)
4. Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен (Проверочная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №3)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

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

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

1. Смирнов, Б. М. Физика слабоионизованного газа в задачах с решениями : учебное пособие для физических специальностей вузов / Б. М. Смирнов . – 2-е изд., перераб . – М. : Наука, 1978 . – 416 с.;
2. Елецкий, А. В. Экзотические объекты атомной физики : учебное пособие по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. В. Елецкий, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 72 с. - ISBN 978-5-7046-1789-1 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8738>;
3. М. Я. Мельников, Л. И. Трахтенберг- "Синтез, строение и свойства металл", Издательство: "Техносфера", Москва, 2016 - (622 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468786>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Acrobat Reader.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
11. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
12. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
13. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
14. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
15. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
16. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
18. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
19. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
20. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 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 самостоятельной	А-110, Вычислительная	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная

работы	лаборатория	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

### Современные объекты атомной физики

(название дисциплины)

#### 3 семестр

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

КМ-1 Виды ионов (Проверочная работа)

КМ-2 Виды атомов и молекул (Проверочная работа)

КМ-3 Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен (Проверочная работа)

КМ-4 Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки (Проверочная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Виды ионов					
1.1	Атомная система единиц		+			
1.2	Комплексный ион		+			
1.3	Отрицательный ион		+			
1.4	Многочарядный ион		+			
2	Виды атомов и молекул					
2.1	Ридберговский атом			+		
2.2	Экцимерная молекула			+		
2.3	Кластеры и кластерные ионы			+		
3	Углеродные наноструктуры: фуллерены и графен					
3.1	Фуллерены				+	
3.2	Графен				+	
4	Углеродные наноструктуры: углеродные нанотрубки					
4.1	Углеродные нанотрубки					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25