

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Саровский физико-технический институт -**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра «Квантовой электроники»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан ФТФ, д.ф.-м.н.**

\_\_\_\_\_ **А.К. Чернышев**

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физика лазерного термоядерного синтеза**

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>03.04.01 Прикладные математика и физика</u>
Наименование образовательной программы	<u>Квантовая оптика и лазерная физика</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>магистр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой КЭ

д.ф.-м.н., профессор

протокол № 5 от 17.06.2022г.

\_\_\_\_\_ **Ф.А. Стариков**

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022г.**

г. Саров, 2022 г.

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор

Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор

Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор

Ф.А. Стариков

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой КЭ д.ф.-м.н., профессор

Ф.А. Стариков

<b>Семестр</b>	<b>В форме практической подготовки</b>	<b>Трудоемкость, кред.</b>	<b>Общий объем курса, час.</b>	<b>Лекции, час.</b>	<b>Практич. занятия, час.</b>	<b>Лаборат. работы, час.</b>	<b>СРС, час.</b>	<b>КР/ КП</b>	<b>Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/</b>
1	16	3	108	32	16	-	24	-	Э
<b>ИТОГО</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	<b>24</b>	-	<b>36</b>

## АННОТАЦИЯ

В ходе изучения курса студентам рассказывается об основных направлениях исследований по управляемому термоядерному синтезу, характеристиках термоядерных реакций, их роли в энергетике будущего. Рассматривается место лазерного термоядерного синтеза (ЛТС) в общей концепции инерционного синтеза, особенности использования лазера для зажигания термоядерных реакций, типы мишеней для ЛТС, обсуждаются требования на параметры лазерных установок. Описываются основные физические процессы, происходящие в мишенях для ЛТС: поглощение лазерного излучения, передача тепла от внешних слоев мишени к внутренним в результате электронной и ионной теплопроводности, перенос рентгеновского излучения в плазме, ионизация, развитие газодинамических неустойчивостей. Обсуждаются общие свойства плазмы и способы описания ее свойств, основные типы плазменных волн в однородной изотропной плазме.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса – ознакомить студентов физических специальностей с основами физики инерциального термоядерного синтеза, высокотемпературной плазмы, поведения вещества в экстремальных условиях и связанных с ними разделами экспериментальной и теоретической физики и прикладной математики. Дать студентам ориентацию в различных экспериментальных методиках и теоретических описаниях взаимодействия мощного лазерного излучения с веществом, свойств плазмы, лазерного термоядерного синтеза.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Физика лазерного термоядерного синтеза», входящая в часть, формируемую участниками образовательных отношений по направлению подготовки 03.04.01 «Прикладные математика и физика», представляет собой развитие знаний, полученных в следующих, ранее изученных дисциплинах: общая физика, теория поля, квантовая механика, статистическая физика, гидродинамика, математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, дифференциальные уравнения, теория функций комплексного переменного.

Для успешного освоения дисциплины необходимо знание дифференциального и интегрального исчисления, векторного и тензорного анализа, электродинамики, в том числе в материальных средах; умение ориентироваться в задачах квантовой механики и статистической физики, знание основных квантовых и классических распределений.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

**Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:**

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
<b>проектный</b>			
<p>организация выполнения проектов исследовательской и инновационной направленности в качестве исполнителя, ответственного за выполнение отдельного направления работ</p>	<p>мощные импульсные лазерные установки РФЯЦ ВНИИЭФ для исследований плотной горячей плазмы с диагностическими комплексами и основным и вспомогательным оборудованием; системы мощных импульсных и непрерывных лазеров различного назначения для лазерно-физических исследований со средствами управления лазерным пучком и контроля лазерного излучения; производственные и технологические процессы лазерно-физических и лазерно-плазменных исследований, средства их технологического, инструментального, метрологического, диагностического, информационного и управленческого обеспечения</p>	<p>ПК-12.2 способен к проведению испытаний согласно техническим требованиям, анализу характеристик испытываемого изделия, а также к подготовке аналитической документации испытаний</p>	<p>3-ПК-12.2 знать порядок разработки и оформления отчетной документации по проводимым испытаниям У-ПК-12.2 уметь оценивать научно-технический уровень достигнутых результатов В-ПК-12.2 владеть навыками по проектированию, изготовлению и сдачу в эксплуатацию опытных образцов для испытаний</p>

<b>проектный</b>			
<p>организация выполнения проектов исследовательской и инновационной направленности в качестве исполнителя, ответственного за выполнение отдельного направления работ</p>	<p>мощные импульсные лазерные установки РФЯЦ ВНИИЭФ для исследований плотной горячей плазмы с диагностическими комплексами и основным и вспомогательным оборудованием; системы мощных импульсных и непрерывных лазеров различного назначения для лазерно-физических исследований со средствами управления лазерным пучком и контроля лазерного излучения; производственные и технологические процессы лазерно-физических и лазерно-плазменных исследований, средства их технологического, инструментального, метрологического, диагностического, информационного и управленческого обеспечения</p>	<p>ПК-12.1 способен к обеспечению безопасности при проведении работ на лазерных установках, обеспечение высокоэффективного функционирования мощных лазерных установок РФЯЦ ВНИИЭФ, используемых при исследовании горячей лазерной плазмы, средств их технологического оснащения, систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытания</p>	<p>З-ПК-12.1 знать стандарты, методики и инструкции, определяющие порядок подготовки и оформления отчетной документации по результатам выполненных исследований У-ПК-12.1 уметь анализировать научно-техническую информацию по теме исследований В-ПК-12.1 иметь навыки по разработке планов перспективных исследований по инновационным высокотехнологичным технологиям</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ\*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 5.3)
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС			
			32	16	-	24			
<b>Семестр №1</b>									
1.									
1.1.	Тема 1. Термоядерные реакции	1	2	1	-	2	УО	1	
1.2.	Тема 2. Физика термоядерного горения	2-3	4	2	-	3	УО	1	
1.3	Тема 3. Магнитное удержание	4	2	1	-	1	УО	1	
1.4	Тема 4. Инерциальное удержание	5	2	1	-	1	УО	1	
1.5	Тема 5. Кинетические уравнения для плазмы	6	2	1	-	2	УО	1	
1.6	Тема 6. Уравнение Власова	7-8	4	2	-	3	КЛ	20	
<b>Рубежный контроль</b>		<b>8</b>					<b>КИ</b>	<b>25</b>	
2.									
2.1.	Тема 7. Столкновения в плазме	9-10	4	2	-	3	УО	1	
2.2.	Тема 8. Волны в плазме	11-12	4	2	-	3	УО	2	
2.3.	Тема 9. Рентгеновское излучение	13	2	1	-	2	УО	1	
2.4.	Тема 10. Газодинамика	14	2	1	-	1	УО	1	
2.5	Тема 11. Зажигание и горение	15-16	4	2	-	3	КЛ	20	
<b>Рубежный контроль</b>		<b>16</b>					<b>КИ</b>	<b>25</b>	
<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>Экзамен</b>				<b>36</b>	<b>45</b>	
<b>Посещаемость</b>								<b>5</b>	
<b>Итого:</b>			<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>100</b>	

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

КЛ – коллоквиум

КИ – контроль итогов

Э – экзамен

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

##### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	<b>Раздел 1</b>	
1.1.	<b>Тема 1. Термоядерные реакции</b>	Топливо-энергетический комплекс. Тепловые электростанции. Атомные электростанции. Возобновляемые источники электроэнергии. Энергия связи нуклонов в ядре. Дефект массы. Формула масс. Энергия связи на нуклон. Термоядерные реакции в звездах. Протон-протонный цикл. Проблема солнечных нейтрино. Эволюция звезд. Термоядерные реакции в лаборатории.
1.2.	<b>Тема 2. Физика термоядерного горения</b>	Скорость реакций. Формула Гамова. Средняя скорость реакций в термодинамически равновесной плазме. Критерий Лоусона.
1.3.	<b>Тема 3. Магнитное удержание</b>	Частица в магнитном поле. Движение частицы в постоянном однородном магнитном поле. Пинч-эффект. Параметр $\beta$ . Нагрев плазмы. Линейные системы. Z-пинч. Тета-пинч. Пробкотрон. Тороидальные системы. Тороидальный пинч. Стелларатор. Токамак.
1.4.	<b>Тема 4. Инерциальное удержание</b>	Схема ИТС. Критерий $\rho R$ . Требования к мишени и драйверу. Температура топлива. Масса топлива. Степень сжатия топлива. Длина волны лазера. Однородность облучения мишени. Энергия драйвера. Дизайн мишеней.
1.5.	<b>Тема 5. Кинетические уравнения для плазмы</b>	Определение плазмы. Дебаевский радиус. Квазинейтральность. Идеальность. Кинетические уравнения
1.6.	<b>Тема 6. Уравнение Власова</b>	Нулевой момент. Первый момент. Тензор плотности потока импульса. Уравнение Эйлера. Второй момент. Средняя скорость частиц. Перенос энергии в равновесной плазме.
2.	<b>Раздел 2</b>	
2.1.	<b>Тема 7. Столкновения в плазме</b>	Двухкомпонентная гидродинамика. Интеграл столкновений в форме Ландау. Уравнение Фоккера-Планка. Кулоновский логарифм. Двухтемпературное приближение. Одножидкостное приближение. Транспортные коэффициенты. Интеграл столкновений в форме Крука. Электрический ток. Теплопроводность
2.2.	<b>Тема 8. Волны в плазме</b>	Электростатические волны. Линеаризованные уравнения переноса. Уравнения состояния. Дисперсионное уравнение для электронной волны. Дисперсионное уравнение для ионной волны. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Электрическая индукция. Дисперсионное уравнение для электронной волны. Наклонное падение волны на плазму. Нелинейные эффекты
2.3.	<b>Тема 9. Рентгеновское излучение</b>	Фотометрия. Равновесное излучение. Уравнение переноса излучения. Диффузионное приближение. Приближение лучистой теплопроводности. Коэффициенты поглощения излучения
2.4.	<b>Тема 10. Газодинамика</b>	Адиабатическое сжатие. Ударное сжатие. Ударные волны. Адиабата Гюгонио. Квазиизоэнтропическое сжатие. Гидродинамические неустойчивости
2.5.	<b>Тема 11. Зажигание и горение</b>	Условие разогрева мишени. Термоядерное энерговыделение. Потери на теплопроводность. Потери на излучение. Механическая работа. Усиление энергии драйвера



### Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>1.</b>	<b>Раздел 1</b>	
1.1.	<b>Тема 1. Термоядерные реакции</b>	Решение задач на уравнение состояния вырожденного ферми-газа, нахождение предела Чандрасекара и вычисление запаса энергии Солнца.
1.2.	<b>Тема 2. Физика термоядерного горения</b>	Решение задач на критерий Лоусона.
1.3.	<b>Тема 3. Магнитное удержание</b>	Получение выражений для ларморовской частоты релятивистской частицы, доказательство инвариантности магнитного момента.
1.4.	<b>Тема 4. Инерциальное удержание</b>	Решение задач на определение характеристик вещества в термоядерной мишени в изобарной модели.
1.5.	<b>Тема 5. Кинетические уравнения для плазмы</b>	Вычисление средних величин абсолютных и относительных скоростей движения частиц в равновесной плазме.
1.6.	<b>Тема 6. Уравнение Власова</b>	Решение задач на определение частот электронных колебаний в плазме.
<b>2.</b>	<b>Раздел 2</b>	
2.1.	<b>Тема 7. Столкновения в плазме</b>	Вычисление кулоновского логарифма
2.2.	<b>Тема 8. Волны в плазме</b>	Получение выражения для пондеромоторной силы. Решение задач на обратно-тормозное поглощение лазерного излучения.
2.3.	<b>Тема 9. Рентгеновское излучение</b>	Вычисление мощности тормозного излучения термодинамически равновесной плазмы.
2.4.	<b>Тема 10. Газодинамика</b>	Определение роста энтропии на ударной волне.
2.5.	<b>Тема 11. Зажигание и горение</b>	Получение выражения для предельного коэффициента усиления термоядерной мишени.

#### 4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

1 О.О. Шаров. «Физика лазерного термоядерного синтеза». Электронный учебно-методический комплекс дисциплины, сайт СарФТИ НИЯУ МИФИ (<http://sarfti.ru>), раздел «Учебно-методические пособия».

2 С.Н. Абрамович, «Физика атомного ядра», Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2005.

3 С.А. Бельков, «Основы физики плазмы», Учебное пособие, Саров: ИПК ВНИИЭФ, 2002.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

### 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
<b>Семестр 1</b>				
Раздел 1	<b>Тема 1. Термоядерные реакции</b>	ПК-12.1, ПК-12.2	3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1	УО-1
	<b>Тема 2. Физика термоядерного горения</b>		3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1	УО-3
	<b>Тема 3. Магнитное удержание</b>		3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1	УО-4
	<b>Тема 4. Инерциальное удержание</b>		3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1	УО-5
	<b>Тема 5. Кинетические уравнения для плазмы</b>		3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1	УО-6
	<b>Тема 6. Уравнение Власова</b>		3-ПК-12.2, У-ПК-12.2, В-ПК-12.2	КЛ-8
<b>Рубежный контроль</b>		ПК-12.1, ПК-12.2	3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1 3-ПК-12.2, У-ПК-12.2, В-ПК-12.2	КИ-8
Раздел 2	<b>Тема 7. Столкновения в плазме</b>	ПК-12.1, ПК-12.2	3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1	УО-10
	<b>Тема 8. Волны в плазме</b>		3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1	УО-12
	<b>Тема 9. Рентгеновское излучение</b>		3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1	УО-13
	<b>Тема 10. Газодинамика</b>		3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1	УО-14
	<b>Тема 11. Зажигание и горение</b>		3-ПК-12.2, У-ПК-12.2, В-ПК-12.2	КЛ-16
<b>Рубежный контроль</b>		ПК-12.1, ПК-12.2	3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1 3-ПК-12.2, У-ПК-12.2, В-ПК-12.2	КИ-16
<b>Промежуточная аттестация</b>		ПК-12.1, ПК-12.2	3-ПК-12.1, У-ПК-12.1, В-ПК-12.1 3-ПК-12.2, У-ПК-12.2, В-ПК-12.2	<b>Экзамен</b>

## **5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **5.2.1. Примерные вопросы к экзамену и коллоквиуму**

а) образцы типовых вопросов:

1. Области применения управляемого термоядерного синтеза. Источники электроэнергии, базовые источники, коэффициент готовности, высоко- и низкоконтрированные источники.
2. Кинетические уравнения для плазмы: уравнение Больцмана, уравнение Лиувилля, уравнение Власова.
3. Уравнение переноса излучения, коэффициенты испускания и поглощения излучения, закон Кирхгофа. Полное и локальное термодинамическое равновесие. Диффузионное приближение и приближение лучистой теплопроводности.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Оценивается полнота и точность ответа на вопрос, четкость формулировок всех необходимых определений и логическая стройность выводов основных соотношений. Если ответ неполный, студенту могут задаваться дополнительные вопросы из категории вопросов для устного опроса по теме в рамках лекционного курса, для которых оценивается скорость и осмысленность ответа.

в) описание шкалы оценивания:

На коллоквиуме студенту предлагается ответить на один вопрос; экзаменационный билет включает два вопроса. Ответ на каждый вопрос, включая дополнительные вопросы при необходимости, оценивается по шкале от 0 до 20 баллов в соответствии с описанными критериями.

### **5.2.2. Примерные вопросы к устным опросам**

а) образцы типовых вопросов:

1. Что такое дефект массы ядра?
2. Опишите способы нагрева плазмы в системах с магнитным удержанием.
3. Сформулируйте закон Фурье для потока энергии.
4. Сформулируйте закон смещения Вина.
5. Что такое число Атвуда?

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

При проведении устного опроса оценивается скорость и осмысленность ответа студента.

в) описание шкалы оценивания:

Каждому студенту предлагается по два вопроса. За ответ на каждый вопрос, удовлетворяющий описанным критериям, начисляется по 0,5 балла.

### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64		E	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

- 1 Дж. Дюдерштадт, Г. Мозес, «Инерциальный термоядерный синтез», М.: Энергоатомиздат, 1984.
- 2 S. Pfalzner, “An Introduction to Inertial Confinement Fusion”, Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.
- 3 S. Atzeni, J. Meyer-ter-Vehn, “Inertial Fusion. Beam Plasma Interaction, Hydrodynamics, Hot Dense Matter”, Oxford: Clarendon Press, 2004.
- 4 Я.Б. Зельдович, Ю.П. Райзер, «Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений», М.: Наука, 1966.
- 5 “Physics of Laser Plasma”, ed. by A. Rubenchik, S. Witkowski, Amsterdam: Elsevier, 1991.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

- 1 В.Л. Гинзбург «Распространение электромагнитных волн в плазме», М.: Наука, 1960.
- 2 Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, «Статистическая физика. Часть 1», М.: Наука, 1976.
- 3 Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, «Гидродинамика», М.: Наука, 1986.
- 4 Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский, «Физическая кинетика», М.: Наука, 1979.
- 5 А.А. Мак, Н.А. Соловьев, «Введение в физику высокотемпературной лазерной плазмы», Ленинград: Ленинградский Университет, 1991.

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется.

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

- 1 Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>)
- 2 Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)
- 3 Сайт СарФТИ НИЯУ МИФИ (<http://sarfti.ru>), раздел «Учебно-методические пособия»
- 4 Научно-образовательный портал «Вся физика» (<http://sfiz.ru>) раздел «Учебные пособия»

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Не предусмотрено.

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При освоении дисциплины применяются активная и интерактивная формы обучения в сочетании с самостоятельной работой.

Во время лекционных занятий происходит изложение нового теоретического материала. Раскрываются принципы работы с научной литературой. Организация занятий обязательно включает диалог со студентами по вопросам построения математических моделей физических процессов, происходящих в мишенях для лазерного термоядерного синтеза, составления уравнений, описывающих динамику плазмы, и осмысление полученных результатов. Обсуждаются актуальные модели в физике высоких плотностей энергии. Для более глубокого понимания разбираются типичные экспериментальные ситуации, причем особое внимание уделяется результатам последних научных исследований, выполняемых на мощных лазерных установках РФЯЦ-ВНИИЭФ. Регулярно проводится контроль усвоения материала.

С целью закрепления пройденного материала проводятся практические занятия, где осуществляется групповое обсуждение способов решения задач, в качестве которых вынесены более узкие вопросы рассматриваемых тем, не вошедшие в основной лекционный материал, а также получение соотношений в конкретных случаях.

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Основное внимание при изучении дисциплины «Физика лазерного термоядерного синтеза» необходимо уделить пониманию физических основ процессов, происходящих в термоядерных мишенях при высокой плотности энергии, и физико-математическим моделям описания высокотемпературной плазмы. Студенты, изучающие курс, должны, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой, научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен владеть основными понятиями из области инерциального синтеза; иметь представление о подходах к созданию мощных лазеров и мишеней для лазерного термоядерного синтеза; знать основные физико-математические модели описания воздействия мощного лазерного излучения на мишени, использованные при выводе уравнений приближения и накладываемые ими ограничения, достоинства и недостатки моделей. Также студент должен уметь применять полученные знания для анализа заданной экспериментальной ситуации.

Успешное освоение курса требует напряженной самостоятельной работы студента. Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала по материалам лекций, подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений и свойств;
- рассмотрение частных ситуаций, оставленных на самостоятельное изучение, и получение математических выражений, описывающих физическую картину явлений в этих случаях;
- подготовку к практическим занятиям, зачету и экзамену.

Руководство самостоятельной работой студента и контроль процесса осуществляется в форме индивидуальных консультаций, а также группового обсуждения хода и результатов решения задач.

При подготовке к практическим занятиям необходимо повторить ранее изученный материал. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10–15 минут) опрос по материалу прошедших занятий, предполагающий ответы на вопросы для устного опроса. Для лучшего понимания изучаемого материала студентам рекомендуется обращаться за консультациями к преподавателю.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде коллоквиумов, на которых происходит беседа преподавателя со студентами по изученному материалу на темы, обозначенные в вопросах к экзамену и коллоквиуму.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки: 03.04.01 «Прикладные математика и физика», профиль подготовки: «Квантовая оптика и лазерная физика»

Автор: доцент кафедры квантовой электроники, к.ф.-м.н.

О.О.Шаров

Рецензент(ы):