

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Линник Оксана Владимировна
Должность: Руководитель СФТИ НИЯУ МИФИ
Дата подписания: 13.10.2022 14:19:37
Уникальный программный ключ:
d85fa2f259a0913da9b08799985891736470181f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Снежинский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СФТИ НИЯУ МИФИ)»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. руководителя по учебной
и научно-методической работе

« _____ » _____ 2022 г.

_____ П.О.Румянцев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Методы и средства диагностики турбулентного перемешивания
разноплотных сред
наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность) 14.04.02 «Ядерная физика и технологии»

Профиль подготовки «Экспериментальная ядерная физика»

Квалификация (степень) выпускника Магистр

Форма обучения очная

г. Снежинск, 2022 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Методы и средства диагностики турбулентного перемешивания разноплотных сред» является ознакомление студентов с экспериментальными устройствами и установками, применяемыми для исследований неустойчивостей Релея-Тейлора, Рихтмайера-Мешкова и Кельвина-Гельмгольца, развивающихся на границах слоистых сред.

Задача изучения дисциплины «Методы и средства диагностики турбулентного перемешивания разноплотных сред» состоит в формировании представления о принципах устройства и функционирования экспериментальных установок, применяемых в исследованиях турбулентного перемешивания разноплотных сред, о типичных экспериментах на таких установках и об основных характеристиках исследуемых течений слоистых сред.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 «Методы и средства диагностики турбулентного перемешивания разноплотных сред» относится к дисциплинам по выбору профессионального модуля рабочего учебного плана ООП ВО по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии». Курс «Устройства и установки для исследования турбулентного перемешивания разноплотных сред» посвящен одному из разделов современной экспериментальной физики, важном для качественной подготовки инженеров-физиков по специальности ядерная физика. «Методы и средства диагностики турбулентного перемешивания разноплотных сред» изучается на втором курсе в третьем семестре обучения.

Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины:

- 2.1. Экспериментальные методы ядерной физики (Б1.В.05)
- 2.2. Методы и средства диагностики лазерной плазмы (Б1.В.ДВ.02.01)
- 2.3. Физика высокоинтенсивных процессов (Б1.В.ДВ.01.01)

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии».

В результате изучения дисциплины обучающимися должны быть освоены следующие компетенции:

ПК-3 – способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности:

- *Знать*: достижения научно-технического прогресса
- *Уметь*: применять полученные знания к решению практических задач

– *Владеть*: методами моделирования физических процессов
 ПК-4 – способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач.

– *Знать*: цели и задачи проводимых исследований, основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных

– *Уметь*: применять методы проведения экспериментов, использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения, оформить результаты научно-исследовательских работ

– *Владеть*: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследований для решения научных и производственных задач

ПК-5 – Способность проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий;

– *Знать*: основные физические законы и стандартные пакеты, используемые при моделировании физических процессов и установок

– *Уметь*: применять стандартные прикладные пакеты, используемые при моделировании физических процессов и установок

– *Владеть*: стандартными прикладными пакетами, используемыми при моделировании физических процессов и установок

ПК-9 – Способность эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты:

– *Знать*: регламент эксплуатации и ремонта современных физических установок

– *Уметь*: эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок

– *Владеть*: навыками эксплуатации, проведения испытаний и ремонта современных физических установок

–

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр	Трудоем- кость, ЗЕТ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	КСР, час.	СРС, час.	Форма контроля, экз./зачет
3	3	108	0	34	38	36	экз.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 ЗЕТ, 108 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
3 семестр								
1	Управляемый термоядерный синтез и проблема гидродинамических неустойчивостей и турбулентного перемешивания	1		2		Конспект.	Домашние задания (рефераты)	1
2	Неустойчивость Релея-Тейлора	2		2		Конспект.		1
3	Линейный и нелинейный режимы развития неустойчивости Релея-Тейлора	3		2		Конспект.		1
4	Переход к турбулентному перемешиванию под действием неустойчивости Релея-Тейлора	4		2		Конспект.		1
5	Неустойчивость Рихтмайера-Мешкова, опыты Маркштейна и Мешкова	5		2		Конспект.		1
6	Неустойчивость Рихтмайера-Мешкова, импульсная модель Рихтмайера	6		2		Конспект.		1
7	Модель однородного перемешивания Гая Димонте	7		2		Конспект.		1
8	Организация эксперимента и способы формирования слоистых сред в лабораторных условиях и методы исследования неустойчивостей и турбулентного перемешивания слоистых сред	8		2		Конспект.		1
9	Метод визуализации лазерным листом на рассеивающих центрах (аэрозоль)	9		2		Конспект.		1
10	Теневой (шлирен) метод	10		2		Конспект.		1
11	Теневой (шлирен) метод (продолжение). Исследование течений разноплотных сред теневым методом	11		2		Конспект.		1
12	Лазерно-индуцированная	12		2		Конспект.		1

	флюоресценция (ЛИФ). Применения ЛИФ.						
13	Применение (ЛИФ) для визуализации слоистых течений и использование его в исследованиях турбулентного перемешивания	13		2		Конспект.	1
14	Применение радиографии в исследованиях турбулентного перемешивания на установках электромагнитного сжатия	14		2		Конспект.	1
15	Устройство и принципы работы щелевых (стрик-) камер	15		2		Конспект.	1
16	Применение щелевых (стрик-) камер для визуализации турбулентного перемешивания в мишенях высокоинтенсивных лазерных экспериментов	16		2		Конспект.	1
17	Эксперименты в конвергентной геометрии и применение теневой и лазерной диагностик. Проверка рефератов	17		2		Конспект.	1+33
Всего:				34			50
Экзамен							50
Итого за 3 семестр:							100

Раскрытие тем лекций и практических занятий

Тема 1. Управляемый термоядерный синтез и проблема турбулентного перемешивания. Искажения контактных границ в слоистых мишенях ИТС под действием неустойчивостей Рихтмайера-Мешкова, Релея-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца, дальнейшее турбулентное перемешивание слоев и, как следствие, снижение симметрии сжатия оболочек и температуры термоядерного топлива.

Тема 2. Неустойчивость Релея-Тейлора. Линейный режим развития. Число Атвуда. Влияние поверхностного натяжения и вязкости на развитие неустойчивости. Влияние начальных возмущений границы.

Тема 3. Нелинейный режим неустойчивости Релея-Тейлора. Образование пузырей и струй и их взаимодействие на нелинейной стадии развития неустойчивости.

Тема 4. Автомодельный режим развития неустойчивости Релея-Тейлора. Автомодельный закон роста границ перемешивания газов.

Тема 5. Неустойчивость Рихтмайера-Мешкова. Линейный и нелинейный режимы развития неустойчивости. Опыты Маркштейна и Мешкова. Импульсная модель Рихтмайера развития неустойчивости, инициированной ударной волной.

Тема 6. Автомодельный режим развития неустойчивости Рихтмайера-Мешкова. Автомодельный закон роста границ перемешивания газов. Модель однородного перемешивания Гая Димонте для автомодельного режима неустойчивостей Релея-Тейлора и Рихтмайера-Мешкова.

Тема 7. Организация эксперимента и способы формирования слоистых сред в лабораторных условиях и методы исследования неустойчивостей и турбулентного перемешивания слоистых сред.

Тема 8. Применение визуализации лазерным листом с рассеянием света на каплях аэрозоля. Эксперименты с газовой завесой тяжелого газа с аэрозолем в легком.

Тема 9. Теневой метод. Принципы и характерные устройства. Z-схема. Теневой прибор ИАБ-451. Применение теневой (шлирен) диагностики в газодинамических экспериментах и экспериментах с пламенем. Особенности применения шлирен диагностики в экспериментах по турбулентному перемешиванию.

Тема 10. Лазерно-индуцированная флюоресценция (ЛИФ). Применения ЛИФ. Особенности применения ЛИФ к короткоживущим (преддиссоциированным состояниям). Достоинства ЛИФ кетонов (ацетона) для визуализации газовых течений. Применение (ЛИФ) для визуализации слоистых течений и использование его в исследованиях турбулентного перемешивания.

Тема 11. Применение радиографии в исследованиях неустойчивостей и турбулентного перемешивания на установках электромагнитного сжатия лайнеров. Особенности подготовки мишеней (лайнеров) для исследования неустойчивостей и турбулентного перемешивания. Применение импульсных лазеров в радиографии.

Тема 12. Устройство и принципы работы щелевых (стрик-) камер. Электронно-оптический преобразователь, микроканальная пластина. ЭОП с разверткой. Виды разверток и способы их использования.

Тема 13. Применение щелевых (стрик-) камер для визуализации турбулентного перемешивания в мишенях высокоинтенсивных лазерных экспериментов. Радиографические исследования неустойчивости Релея-Тейлора на предварительно профилированной границе аблятор-топливо в установках лазерного сжатия (NIF).

Тема 14. Модификации ударных труб для изучения газодинамических течений в сходящейся (конвергентной геометрии). Способы формирования контактных границ разноплотных сред. Эксперименты в конвергентной геометрии с применением теневой диагностики и лазерной визуализации.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

1. Занятия проводятся с применением мультимедийных средств обучения в виде презентации PowerPoint, с целью представить в наиболее концентрированном виде изучаемый материал с указанием взаимосвязи между разделами дисциплины, с освещением основных изученных подразделов, а также для формирования у студентов

общего представления о месте дисциплины в перечне дисциплин ООП ВО 14.04.02 «Ядерные физика и технологии» и о формируемых этой дисциплиной компетенциях.

2. Разбор задач и поиск их решения проводится в рамках практических занятий на каждой учебной неделе и в часы, отведённые на контролирующую самостоятельную работу. Занятия проводятся в интерактивной форме общения студентов между собой при поиске метода решения поставленной задачи и оформлении решения. Преподаватель обеспечивает консультационное сопровождение процесса поиска решения. Защита домашних заданий (рефератов) предусмотрена на 17 учебной неделе семестра.

3. Один раз в три недели преподавателем проводится текущая консультация. Вопросы можно задавать лично преподавателю в назначенное время.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Разделы, выводимые на самостоятельное изучение в рамках лекционных и практических разделов, устанавливаются преподавателем на каждой неделе, в зависимости от скорости усвоения материала студентами. Темы для самостоятельного изучения оглашаются преподавателем в конце каждого занятия и заносятся студентами в график самостоятельной работы.

Текущий контроль успеваемости проводится посредством проверки и конспекта лекции. Рубежный контроль - посредством проверки домашних заданий (рефератов)

Экзамен проводится по билетам. Каждый билет содержит два теоретических вопроса.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

7.1 Е.Е. Мешков Исследование гидродинамических неустойчивостей в лабораторных экспериментах. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2006. - 139с.

7.2 Козырев А.С., Газодинамический термоядерный синтез. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005. - 144с.

7.3 Невмержицкий Н.В. Гидродинамические неустойчивости и турбулентное перемешивание веществ. Лабораторное моделирование. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2018. - 245с.

7.4 А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич. Основы экспериментальных методов ядерной физики. Издание 2-е, Атомиздат, 1977.

7.5 Ободовский И.М. Сборник задач по экспериментальным методам ядерной физики: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. — 280 с.: ил.

7.6 Васильев Л.А. Теневые методы. Васильев Л.А издательство «наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1968 г. – 400с.

7.7 Settles, G. S. Schlieren and Shadowgraph Techniques / G.S. Settles. -: Springer, 2001. - 376 с.

б) дополнительная литература:

7.8 Richtmyer R. Taylor instability in a shock acceleration of compressible fluids Communications on Pure and Applied Mathematics. 1960. V. 13. P. 297-319.

7.9 Мешков Е. Е. Неустойчивость контактной границы газов, ускоряемой ударной волной// Изв. Акад. Наук СССР. Мех. Жидк. Газа. 1969. № 5, С. 151-158.

7.10 Jones M.A., Jacobs J.W. A membraneless experiment for the study of Richtmyer–Meshkov instability of a shock-accelerated gas interface // Phys. Fluids. 1997. V. 9. P. 3078.

7.11 Markstein G. H. Shock-tube study of flame front-pressure wave interaction – In 6th Symp. Comust. N.Y.: Reinhold, 1957, P.387-398.

7.12 К.И. Щелкин Избранные труды. Снежинск: Издательство РФЯЦ-ВНИИТФ, 2011.

7.13 Berzak Hopkins L., Clark D.S., D’oppner T., Haan S.W., Ho D.D., Weber C. et. al. // Modeling and measuring fuel-ablator interface mixing in inertial-confinement fusion implosions. Proceedings of the 15th International Workshop on the Physics of Compressible Turbulent Mixing. Sydney., 2016.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:
не предусматривается.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Учебная аудитория для проведения занятий практического типа (л212), укомплектованная специализированной мебелью и средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории:

- Ноутбук HP;
- Проектор ACER X1260

б) Помещение для самостоятельной работы обучающихся (л318), оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду:

- Персональный компьютер на базе Core Dual 2,4 МГц (2009 г.) – 15 шт.
- Принтер HP LJ P3005 DN (2009 г.) – 1 шт.
- Сканер HP SJ 4370 – 1 шт.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», утвержденного Ученым советом НИЯУ МИФИ 27.07.2021 г., протокол №21/11.

Автор: _____ к.ф.-м..н., доцент, Аникин Н.Б.

Рецензент _____

Программа одобрена на заседании кафедры «Ядерной физики и спецтехнологий»
_____ г., протокол № ____.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Выпускающая кафедра, курирующая специальность, для которой читается данная дисциплина	Ф.И.О. заведующего данной выпускающей кафедрой	Решение заведующего выпускающей кафедрой по согласованию данной рабочей программы	Подпись заведующего выпускающей кафедрой и дата
1	2	3	4

--	--	--	--

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

на 20__ /20__ учебный год

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой направления подготовки
(специальности)

“ _____ ” _____ 2022 г. _____

Утверждаю

Зам. руководителя по учебной и научно-методической работе

_____ П.О. Румянцев