

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики**

В.В. Иванов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Методы измерений в физике экстремальных состояний
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физики высокотемпературных процессов
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Р.А. Усманов, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры физики высокотемпературных процессов 12.02.2024

Аннотация

Курс посвящен методам измерений, применяемым в экспериментальных исследованиях физики высокотемпературных процессов. Рассмотрены общие принципы и средства динамической генерации экстремальных состояний, принципы получения физических данных в экспериментах, подходы к организации измерительных схем, а также к регистрации электрических сигналов различных сенсоров. Основное внимание в курсе уделяется методам измерения постоянных и импульсных токов, регистрации высоких уровней электрических напряжений, измерениям магнитных полей и проводимости плазмы. Рассматриваются особенности применения делителей напряжения, трансформаторов, электрических шунтов, пояса Роговского и магнитных зондов в экспериментальных измерениях. Отдельная часть курса посвящена проблемам подавления шумов при измерениях в мощных импульсных системах, а также обработке экспериментальных данных.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение основных подходов к построению измерительных систем, транспортировке и регистрации электрических сигналов в экспериментах по генерации экстремальных состояний.

Задачи дисциплины

- получение представлений об общих принципах и средствах генерации экстремальных состояний;
- изучение подходов к построению измерительных схем в экспериментальных исследованиях;
- изучение основ регистрации и передачи электрических сигналов;
- изучение основных методов диагностики постоянных и импульсных токов, высоких уровней электрических напряжений, магнитных полей и проводимости плазмы;
- получение представлений о методах борьбы с шумами в измерениях.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и средства генерации экстремальных состояний;
- принципы построения измерительных систем;
- принципы и подходы к транспортировке и регистрации электрических сигналов.

уметь:

- методами диагностики постоянных и импульсных токов, высоких уровней электрических напряжений, магнитных полей и проводимости плазмы.

владеть:

- методами вычисления ошибок измерений и обработки экспериментальных данных;
- методами борьбы с шумами в измерениях.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Общие принципы получения физических данных в экспериментах.		2		8
2	Принципы и средства динамической генерации экстремальный состояний.		2		8
3	Основы регистрации и передачи электрических сигналов.		4		8
4	Измерение тока на элементе цепи. Электрический шунт, импеданс шунта.		4		8
5	Измерения импульсных токов.		4		7
6	Измерения магнитных полей.		2		7
7	Средства регистрации напряжений.		2		7
8	Трансформатор, как измеритель напряжения и гальваническая развязка.		2		7
9	Диффузия магнитного поля в плазме.		2		7
10	Проблемы шумов в измерениях в мощных импульсных системах.		2		4
11	Основы метрологии.		4		4
Итого часов			30		75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Общие принципы получения физических данных в экспериментах.

Общие принципы получения физических данных в экспериментах. Схема получения экспериментальных результатов. Сенсоры, транспортировка и регистрация электрических сигналов, преобразование сигналов, селекция сигналов, обработка экспериментальных результатов и их анализ.

2. Принципы и средства динамической генерации экстремальный состояний.

Принципы и средства динамической генерации экстремальный состояний. Характерные величины измеряемых параметров (давлений, температур, токов, напряжений, электрических и магнитных полей). Ударная труба, ударные эксперименты, легкогазовая пушка, электрическая пушка, рельсотрон, лазеры, заряженные пучки.

3. Основы регистрации и передачи электрических сигналов.

Основы регистрации и передачи электрических сигналов. Электрические цепи переменного тока, делитель напряжения, импеданс. Интегрирующие и дифференцирующие цепочки, длинные линии, коэффициент стоячей волны.

4. Измерение тока на элементе цепи. Электрический шунт, импеданс шунта.

Измерение тока на элементе цепи. Электрический шунт, импеданс шунта. Геометрия шунтов: плоский, коаксиальный, высокочастотный, сильноточный. Подключение шунтов. Разнесенные земли. Калибровка шунта.

5. Измерения импульсных токов.

Измерения импульсных токов. Пояс Роговского. Геометрия пояса Роговского. Регистрация сигнала с шунта. Дифференцирующий и интегрирующий пояс Роговского. Калибровка пояса Роговского.

6. Измерения магнитных полей.

Измерения магнитных полей. Магнитный зонд. Частотная характеристика и чувствительность зонда. Тест на емкостную связь. Способы подавления электростатических наводок на зонд. Калибровка зондов. Возмущения, вносимые зондом. Диагностика токовых структур, измерения напряженности вихревого электрического поля.

7. Средства регистрации напряжений.

Средства регистрации напряжений. Омические и емкостные делители. Компенсированный делитель. Подбор параметров делителей, реализация, меры предосторожности, калибровка.

8. Трансформатор, как измеритель напряжения и гальваническая развязка.

Трансформатор, как измеритель напряжения и гальваническая развязка. Коэффициент взаимной индукции. Переходные процессы. Время установления напряжения. Передача низкочастотных сигналов. Эквивалентная схема.

9. Диффузия магнитного поля в плазме.

Диффузия магнитного поля в плазме. Магнитное число Рейнольдса. Толщина диффузионного слоя. Индукционные методы измерения проводимости плазмы. Трансформаторный метод измерения, метод Лина, накладной датчик. Измерение проводимости плазмы по измерению импеданса зондирующего контура.

10. Проблемы шумов в измерениях в мощных импульсных системах.

Проблемы шумов в измерениях в мощных импульсных системах. Источники наводок, влияние контура заземления. Гальваническая, емкостная и индуктивная связи силовой и контрольной цепей. Техника безопасности при электрических измерениях.

11. Основы метрологии.

Основы метрологии. Виды и методы измерений. Источники погрешностей. Вычисление ошибок. Плотность вероятности, распределение Стьюдента, распределение Гаусса, доверительная вероятность. Представление результатов измерений.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, компьютеры и мульти-медийное оборудование (проектор), доступ к сети Интернет.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Литература выдается на кафедре:

1. Зельдович Б, Райзер ЮП. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. Рипол Классик; 2013
2. Кудасов, Ю.Б., 2010. Электрофизические измерения. Учебное пособие.
3. Шваб А. Измерения на высоком напряжении: измерительные приборы и способы измерения. Энергоатомиздат; 1983.
4. Генин ЛГ, Свиридов ВГ. Гидродинамика и теплообмен МГД-течений в каналах. М.: Изд-во МЭИ. 2001.

Дополнительная литература

Литература выдается на кафедре:

1. Хоровиц П, Хилл У. Искусство схемотехники. М: Мир. 1998.
2. Максимычев, А. В. Физические методы исследования. Конспект лекций. 2. Сигналы в длинных линиях. 2006.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Курс лекций «Физика плазмы», <http://www.inp.nsk.su/chairs/plasma/sk/fpl.ru.shtml>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

не предусмотрены.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физики высокотемпературных процессов
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	Р.А. Усманов, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Методы измерений в физике экстремальных состояний» обучающийся должен:

знать:

- принципы и средства генерации экстремальных состояний;
- принципы построения измерительных систем;
- принципы и подходы к транспортировке и регистрации электрических сигналов.

уметь:

- методами диагностики постоянных и импульсных токов, высоких уровней электрических напряжений, магнитных полей и проводимости плазмы.

владеть:

- методами вычисления ошибок измерений и обработки экспериментальных данных;
- методами борьбы с шумами в измерениях.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к экзамену:

1. Почему для получения вещества в экстремальном состоянии используются в основном динамические методы?
2. Вычислить индуктивность двухпроводной линии, коаксиального проводника.
3. Погрешности аналогового интегрирования и дифференцирования
4. Как выявить наличие емкостной связи индуктивного зонда с объектом измерения.
5. Что такое гальваническая связь между силовым и измерительным контурами?
6. Общие принципы получения физических данных в экспериментах.
7. Принципы и средства динамической генерации экстремальных состояний.
8. Основы регистрации и передачи электрических сигналов.
9. Измерение тока на элементе цепи. Электрический шунт, импеданс шунта.
10. Измерения импульсных токов.
11. Измерения магнитных полей.

12. Средства регистрации напряжений.
13. Трансформатор, как измеритель напряжения и гальваническая развязка.
14. Диффузия магнитного поля в плазме.
15. Проблемы шумов в измерениях в мощных импульсных системах.

Примеры экзаменационных билетов:

Пример 1:

1. Вычислить индуктивность двухпроводной линии, коаксиального проводника
2. Проблемы шумов в измерениях в мощных импульсных системах.

Пример 2:

1. Принципы и средства динамической генерации экстремальных состояний.
2. Диффузия магнитного поля в плазме.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.