

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ СИЛЬНОТОЧНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА В ГЕНЕРАТОРАХ
НЕЙТРОНОВ И ГЕНЕРАТОРАХ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	2	72	0	15	8	49	0	3
Итого	2	72	0	15	8	0	49	0

АННОТАЦИЯ

Генераторы импульсных токов используются в генераторах нейтронов на камерах плазменного фокуса. В лекционном материале освещены как теоретические вопросы построения ГВН и ГИТ, так и практические вопросы, связанные с применяемой элементной базой. Рассмотрены применяемые в настоящее время комплектующие: изоляторы, высоковольтные конденсаторы, коммутаторы различных типов, а также другие высоковольтные элементы, применяемые в реальных генераторах нейтронов. Рассмотрены конкретные примеры схмотехнических разработок, использованных в генераторах нейтронов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является знакомство студентов с основами высоковольтной силовоточной электротехникой: схемами построения генераторов высоких напряжений (ГВН), работающих в частотном диапазоне 1-104 Гц, а также генераторов импульсных токов (ГИТ), вплоть до 1-2 МА. Генераторы высоких напряжений находят применение для питания ускорительных запаянных трубок, применяемых для генерации нейтронов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Освоение данной дисциплины необходимо для понимания соответствующих разделов ведущих дисциплин специальности.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно- исследовательский			
Выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач	Результаты теоретических и экспериментальных исследований в области ядерного, электрофизического и киберфизического	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и

	приборостроения	<p>производственных задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ;</p> <p>У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ;</p> <p>В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач</p>
<p>Осуществлять разработку и эксплуатацию установок генерирующих ядерное излучение</p>	генераторы ядерного излучения	<p>ПК-17.5 [1] - Способен эксплуатировать и разрабатывать установки, генерирующие ядерное излучения</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-17.5[1] - Знать основы радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующего излучения. Знать основы безопасности при работе с высоковольтной техникой. Знать принципы работы генераторов ядерного излучения.;</p> <p>У-ПК-17.5[1] - Уметь оценивать уровень опасности и рассчитывать физическую защиту от ионизирующего</p>

			излучения и высоковольтного напряжения. Уметь эксплуатировать генераторы ядерного излучения и сопутствующую технику; В-ПК-17.5[1] - Владеть навыками проектирования генераторов ядерного излучения.
производственно-технологический			
Эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты	ядерно-физические, электрофизические и киберфизические приборы и устройства	ПК-9 [1] - Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	3-ПК-9[1] - Знать регламент эксплуатации и ремонта современных физических установок ; У-ПК-9[1] - Уметь эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок; В-ПК-9[1] - Владеть навыками эксплуатации, проведения испытаний и ремонта современных физических установок

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	0/8/0		25	Зд-8	3-ПК-4, 3-ПК-9,

							3-ПК-17.5
2	Второй раздел	9-15	0/7/8		25	УО-15	3-ПК-4, У-ПК-4, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-17.5
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		0/15/8		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	3	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-17.5, У-ПК-17.5, В-ПК-17.5

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Зд	Задание (задача)
УО	Устный опрос
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел	Темы занятий / Содержание	Лек.,	Пр./сем.	Лаб.,
-------	---------------------------	-------	----------	-------

и		час.	, час.	час.
	<i>2 Семестр</i>	0	15	8
1-8	Первый раздел	0	8	0
1	Структура установки мощной высоковольтной импульсной техники Схемы построения генераторов импульсов высоких напряжений (ГИВН). Генераторы импульсных напряжений по схеме Аркадьева-Маркса, генераторы Фитча, генераторы импульсов напряжения на основе формирующих линий, магнитные генераторы мощных импульсов, ГИВН с индуктивными накопителями на основе прерывателей тока и ГИВН использующие высоковольтные импульсные трансформаторы	Всего аудиторных часов		
		0	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Схемы построения генераторов импульсных токов (ГИТ) Сравнительные характеристики различных типов накопителей энергии. Первичные емкостные накопители энергии. Основные характеристики емкостного накопителя энергии, основные параметры ГИТ. ГИТ по схеме ГИН-ФЛ (формирующая линия). Установки по схеме ИТ-ФЛ. Взрывомагнитные генераторы напряжений (и токов). Примеры ГИТ на токи 100 кА-2 МА.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Элементная база применяемая для схем ГИН и ГИТ Изоляторы, их электрические характеристики. Жидкие, газообразные и твердые диэлектрики. Электрический пробой по поверхности твердых диэлектриков в вакууме и в газе при приложении импульсов электрического напряжения. Резисторы. Типы резисторов и их электрические параметры, согласно техническим условиям (ТУ). Фотографии резисторов с линейкой (для масштаба). Расчет допустимых нагрузок на резисторы в импульсных электрических схемах. Высоковольтные конденсаторы, их основные характеристики (предельная удельная запасаемая энергия и реальная). Типы конденсаторов: воздушные, вакуумные, с твердым и жидким диэлектриком (по возможности расширенная таблица) с их массогабаритными, удельными и т.п. характеристиками. Катушки индуктивности, в том числе на основе высокотемпературной сверхпроводимости для индуктивных накопителей энергии.	Всего аудиторных часов		
		0	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Коммутаторы, применяемые в ГИВН и в ГИТ Транзисторы, тиристоры и реверсивно включаемые динисторы, воздушные и вакуумные разрядники, тиратроны. Полупроводниковые высоковольтные коммутаторы. Магнитный ключ. Плазменные прерыватели тока. Вакуумные прерыватели тока. Взрывные прерыватели тока. Физические процессы в коммутаторах различных типов и основные характеристики применяемых коммутаторов. Таблица параметров различных типов коммутаторов.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Методы и системы диагностики работы	Всего аудиторных часов		

	высоковольтных сильноточных устройств Высоковольтные делители напряжения. Компенсированные делители напряжения. Дифференцирующие и интегрирующие пояса Роговского. Примеры применения поясов Роговского. Восстановления тока в разрядном контуре на основе кривой производной разрядного тока с дифференцирующего ПР. Использование «разрядной методики» для определения тока в разрядном контуре с емкостным накопителем.	0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Второй раздел	0	7	8
9 - 10	Критерии выбора элементов электротехнических схем ГИВН и ГИТ Все критерии условно можно разделить на 2 группы: технические и экономические. Под экономическими критериями понимаются не только стоимость элемента, но и затраты, возникающие при применении и эксплуатации. Например, если использование более дешевого, но не экономичного или с малым ресурсом, элемента оправдано при создании экспериментального макета, то при промышленной эксплуатации могут стать более существенными затраты на потребляемые ресурсы – например: электроэнергию.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Применение генераторов импульсов тока и высокого напряжения в науке и технике (промышленности) Электрофизические методы обработки, электроэрозсионная обработка, электромеханическая обработка, электроимпульсная дезинтеграция материалов, электроимпульсная обработка воды, электроимпульсная технология упрочнения свай. Высоковольтные установки для изучения процессов в сильноточном вакуумном и плазменном разрядах. Ускорители заряженных частиц. Генераторы нейтронов.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Применение генераторов импульсов тока в генераторах нейтронов на основе камер плазменного фокуса (КПФ) Схема генератора нейтронов на КПФ. Основные стадии формирования токовой плазменной оболочки (ТПО) и ее движения до пинчевания на торце анода. Принцип согласованной работы КПФ и емкостного накопителя. Основные соотношения для расчета тока в разрядном контуре при использовании емкостного накопителя (с учетом роста индуктивности КПФ в процессе движения ТПО). Использование МГД модели движения ТПО для оптимизации геометрических параметров КПФ. Зависимость выхода от тока $I_{3,3}$.	Всего аудиторных часов		
		0	2	4
		Онлайн		
		0	0	0
15	Электрические схемы получения высоковольтных импульсов для питания ускорительных нейтронных трубок Рассматриваются особенности схем электропитания вакуумных нейтронных трубок (ВНТ) и газонаполненных нейтронных трубок (ГНТ). В электрических схемах электропитания ВНТ применяется искровой источник ионов (ИИ), основанный на	Всего аудиторных часов		
		0	1	4
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>управляемом электрическом пробое между анодом и насыщенным дейтерием катодом ИИ, при котором происходит нагрев и выделение дейтериевой плазмы в объем ВНТ. Дейтроны ускоряются в электрическом поле между ИИ и мишенью ВНТ (насыщенной тритием). В результате ядерной реакции D+T происходит генерация импульса нейтронов.</p> <p>Особенности работы ГНТ – использование источника Пеннинга для создания ионов трития-дейтерия, а также генератора дейтериево- тритиевого газа для создания необходимого давления газа для зажигания разряда в ИИ, использование набивной мишени. Возможность генерации как импульсного, так и постоянного потока нейтронов.</p>			
--	---	--	--	--

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
13	<p>Ознакомление с работой генератора нейтронов ИНГ-103 на основе камеры плазменного фокуса</p> <p>Изучается принцип работы генераторов нейтронов на камерах плазменного фокуса, по экспериментально полученным осциллограммам разрядного тока проводятся расчеты электротехнических параметров генератора ИНГ-103 (индуктивность и активное сопротивление контура, амплитуда разрядного тока), определяется время «особенности» (момент образования плазменного пинча и, соответственно, испускания нейтронов соответствующей энергии). Проводится расчет тока в момент "особенности", по которому, используя калибровочный график, оценивается ожидаемое значение выхода нейтронов за импульс генератора.</p>
14	<p>Изучение работы прибора для определения выхода нейтронов ГПИВН61, основанного на активационной методике</p> <p>Изучаются принципы активационной методики регистрации нейтронов на примере детектора на основе естественного серебра и ее применение для определения</p>

	<p>выхода нейтронов генератора ИНГ-103 на камере плазменного фокуса. Приобретаются навыки по работе с прибором, подготовки к использованию, настройки и тестирования. С помощью ТПИВН61 на ПК записывается временной профиль скорости счета распадов образовавшихся при облучении нейтронами ИНГ-103 изотопов серебра, по которому определяются постоянные времени распада для быстрой и медленной компонент и сравниваются с теоретическими значениями.</p>
15	<p>Определение параметров импульса нейтронов и жесткого рентгеновского излучения генератора нейтронов ИНГ-103 на основе камеры плазменного фокуса</p> <p>Изучается генерация проникающих излучений камерой плазменного фокуса ПФ7-02Д генератора ИНГ-103, с использованием времяпролетной методики определяются длительности импульсов рентгеновского излучения и нейтронов, а также рассчитывается энергия нейтронов, образующихся в реакции синтеза D+D. В работе используется сцинтилляционный детектор ССДИЗ8 на основе полистирольного чувствительного элемента и быстродействующего фотоэлектронного умножителя.</p>

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1	<p>Структура установки мощной высоковольтной импульсной техники</p> <p>Схемы построения генераторов импульсов высоких напряжений (ГИВН). Генераторы импульсных напряжений по схеме Аркадьева-Маркса, генераторы Фитча, генераторы импульсов напряжения на основе формирующих линий, магнитные генераторы мощных импульсов, ГИВН с индуктивными накопителями на основе прерывателей тока и ГИВН использующие высоковольтные импульсные трансформаторы</p>
2 - 3	<p>Схемы построения генераторов импульсных токов (ГИТ)</p> <p>Сравнительные характеристики различных типов накопителей энергии. Первичные емкостные накопители энергии. Основные характеристики емкостного накопителя энергии, основные параметры ГИТ. ГИТ по схеме ГИН-ФЛ (формирующая линия). Установки по схеме ИТ-ФЛ. Взрывомагнитные генераторы напряжений (и токов). Примеры ГИТ на токи 100 кА-2 МА.</p>
4	<p>Элементная база применяемая для схем ГИН и ГИТ</p> <p>Изоляторы, их электрические характеристики. Жидкие, газообразные и твердые диэлектрики. Электрический пробой по поверхности твердых диэлектриков в вакууме и в газе при приложении импульсов электрического напряжения.</p>

	<p>Резисторы. Типы резисторов и их электрические параметры, согласно техническим условиям (ТУ). Фотографии резисторов с линейкой (для масштаба). Расчет допустимых нагрузок на резисторы в импульсных электрических схемах.</p> <p>Высоковольтные конденсаторы, их основные характеристики (предельная удельная запасаемая энергия и реальная). Типы конденсаторов: воздушные, вакуумные, с твердым и жидким диэлектриком (по возможности расширенная таблица) с их массогабаритными, удельными и т.п. характеристиками. Катушки индуктивности, в том числе на основе высокотемпературной сверхпроводимости для индуктивных накопителей энергии.</p>
5 - 6	<p>Коммутаторы, применяемые в ГИВН и в ГИТ</p> <p>Транзисторы, тиристоры и реверсивно включаемые динисторы, воздушные и вакуумные разрядники, тиратроны. Полупроводниковые высоковольтные коммутаторы. Магнитный ключ. Плазменные прерыватели тока. Вакуумные прерыватели тока. Взрывные прерыватели тока. Физические процессы в коммутаторах различных типов и основные характеристики применяемых коммутаторов. Таблица параметров различных типов коммутаторов.</p>
7 - 8	<p>Методы и системы диагностики работы высоковольтных силовых устройств</p> <p>Высоковольтные делители напряжения. Компенсированные делители напряжения. Дифференцирующие и интегрирующие пояса Роговского. Примеры применения поясов Роговского. Восстановления тока в разрядном контуре на основе кривой производной разрядного тока с дифференцирующего ПР. Использование «разрядной методики» для определения тока в разрядном контуре с емкостным накопителем.</p>
9 - 10	<p>Критерии выбора элементов электротехнических схем ГИВН и ГИТ</p> <p>Все критерии условно можно разделить на 2 группы: технические и экономические. Под экономическими критериями понимаются не только стоимость элемента, но и затраты, возникающие при применении и эксплуатации. Например, если использование более дешевого, но не экономичного или с малым ресурсом, элемента оправдано при создании экспериментального макета, то при промышленной эксплуатации могут стать более существенными затраты на потребляемые ресурсы – например: электроэнергию.</p>
11 - 12	<p>Применение генераторов импульсов тока и высокого напряжения в науке и технике (промышленности)</p> <p>Электрофизические методы обработки, электроэрозионная обработка, электромеханическая обработка, электроимпульсная дезинтеграция материалов, электроимпульсная обработка воды, электроимпульсная технология упрочнения свай. Высоковольтные установки</p>

	для изучения процессов в сильноточном вакуумном и плазменном разрядах. Ускорители заряженных частиц. Генераторы нейтронов.
13 - 14	<p>Применение генераторов импульсов тока в генераторах нейтронов на основе камер плазменного фокуса (КПФ)</p> <p>Схема генератора нейтронов на КПФ. Основные стадии формирования токовой плазменной оболочки (ТПО) и ее движения до пинчевания на торце анода. Принцип согласованной работы КПФ и емкостного накопителя. Основные соотношения для расчета тока в разрядном контуре при использовании емкостного накопителя (с учетом роста индуктивности КПФ в процессе движения ТПО). Использование МГД модели движения ТПО для оптимизации геометрических параметров КПФ. Зависимость выхода от тока $I_{3,3}$.</p>
15	<p>Электрические схемы получения высоковольтных импульсов для питания ускорительных нейтронных трубок</p> <p>Рассматриваются особенности схем электропитания вакуумных нейтронных трубок (ВНТ) и газонаполненных нейтронных трубок (ГНТ).</p> <p>В электрических схемах электропитания ВНТ применяется искровой источник ионов (ИИ), основанный на управляемом электрическом пробое между анодом и насыщенным дейтерием катодом ИИ, при котором происходит нагрев и выделение дейтериевой плазмы в объем ВНТ. Дейтроны ускоряются в электрическом поле между ИИ и мишенью ВНТ (насыщенной тритием). В результате ядерной реакции $D+T$ происходит генерация импульса нейтронов.</p> <p>Особенности работы ГНТ – использование источника Пеннинга для создания ионов трития-дейтерия, а также генератора дейтериево- тритиевого газа для создания необходимого давления газа для зажигания разряда в ИИ, использование набивной мишени. Возможность генерации как импульсного, так и постоянного потока нейтронов.</p>

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В основе преподавания дисциплины лежат традиционные образовательные технологии, которые показали себя достаточно эффективными средствами формирования и развития профессиональных навыков студентов.

Активное использование современных информационных технологий при самостоятельной работе студентов и выполнении домашних заданий. Также предполагается использование средств компьютерной симуляции, математической обработки результатов и лабораторных исследований.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-17.5	З-ПК-17.5	З, Зд-8, УО-15
	У-ПК-17.5	З
	В-ПК-17.5	З
ПК-4	З-ПК-4	З, Зд-8, УО-15
	У-ПК-4	З, УО-15
	В-ПК-4	З
ПК-9	З-ПК-9	З, Зд-8, УО-15
	У-ПК-9	З, УО-15
	В-ПК-9	З, УО-15

Шкалы оценки образовательных достижений

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-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	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			
Ниже 60	2 –	F	Оценка «неудовлетворительно»

	«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.
--	-----------------------	--	--

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П 76 Применение электроизоляционных материалов в высоковольтной электрофизической аппаратуре. Методы исследования и переработки : учебное пособие, Москва: Буки Веди, 2018
2. 621.3 Н50 Электротехника Кн.1 , Москва: Академия, 2014
3. 621.3 Н 50 Электротехника Кн.2 , Москва: Академия, 2014

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 К93 Расчетные технологии для нейтронных терапевтических пучков : учебное пособие по курсу "Специальные вопросы вычислительной физики", Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2014
2. 539.1 Ш23 Собрание трудов: Нейтронные исследования : , Москва: Наука, 2015
3. 621.039 С28 Характеристики полей нейтронов. Источники мгновенных нейтронов деления, генераторы 14 МэВ нейтронов, исследовательские и энергетические реакторы, устройства, конвертирующие нейтронное излучение : справочник, В. Д. Севастьянов, А. С. Кошелев, Г. Н. Маслов, : ВНИИФТРИ, 2007

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Общие положения

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

1.2. Приступая к изучению дисциплины студенту необходимо ознакомиться с целями и задачами дисциплины, содержанием рабочей программы дисциплины, рекомендуемыми литературными источниками, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале и сайте кафедры.

1.3. Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Поэтому студентам, пропустившим занятия, необходимо самостоятельно проработать тему.

2. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.

2.1. Практические занятия служат для закрепления изученного теоретического материала. Подготовка к практическому занятию включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы.

2.2. При подготовке к практическим занятиям следует проработать теоретический материал по рекомендованным литературным источникам, внимательно прочитать материал лекций, относящихся к данному практическому занятию.

2.3. В ходе практических занятий давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов, доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

3. Рекомендации по подготовке и выполнению лабораторных работ.

3.1. Лабораторные работы - это один из основных видов учебных занятий, направленный на экспериментальное подтверждение теоретических положений. Обучающиеся самостоятельно выполняют задания под контролем преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала. Обучающимся рекомендуется ознакомиться с графиком выполнения лабораторных работ согласно календарному плану дисциплины.

3.2. Перед выполнением лабораторной работы следует самостоятельно изучить теоретическую часть работы, используя лабораторный практикум, подготовить ответы на контрольные вопросы.

3.3. Перед выполнением каждой работы предшествует проверка готовности к лабораторной работе (см. п.3.2), которая производится преподавателем.

Студент должен:

- знать ответы на контрольные вопросы для проверки теоретических знаний, умений и навыков до выполнения работы (контрольные вопросы прилагаются);
- самостоятельно изучить методические указания по проведению конкретной лабораторной работы;
- подготовить форму отчета;
- уметь составлять структурную схему измерений;

- быть готовым продемонстрировать изображение предполагаемого хода кривых, которые будут сниматься в работе.

По итогам проверки преподаватель принимает решение о допуске студента к выполнению лабораторной работы.

3.4. Перед выполнением лабораторной работы студент проходит инструктаж по технике безопасности (при необходимости).

3.5. В процессе лабораторной работы четко следовать инструкциям и указаниям преподавателя или дежурного лаборанта, не приступать к выполнению работы без разрешения; руководствоваться правилами техники безопасности и мерами предосторожности, указанными в описаниях; фиксировать в лабораторном журнале результаты измерений для последующей их обработки. По завершению работы привести рабочее место в порядок и сдать лабораторный стенд преподавателю или дежурному лаборанту.

3.6. Выполнение работы заканчивается составлением краткого отчета, в котором следует указать: что и каким методом исследовалось или определялось; какой результат и с какими погрешностями (абсолютными и относительными) был получен; краткое обсуждение полученных результатов. Защитить результаты лабораторной работы следует до начала следующей по расписанию работы. Не рекомендуется иметь более одной не сданной работы перед началом следующей работы.

4. Самостоятельная работа обучающихся

4.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

4.2. Обучающимся следует руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным рабочим планом дисциплины и выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельной работы, и представлять их в установленный срок.

5. Рекомендации по подготовке и сдаче аттестации по дисциплине.

5.1. Аттестация по дисциплине основана на балльно-рейтинговой системе, которая включает текущий контроль успеваемости, рубежный контроль в семестре и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины.

5.2. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к занятиям, для чего могут быть использованы различные проверочные задания. Прохождение контрольных рубежей проводится в середине и в конце семестра и может осуществляться в виде контрольных работ, письменных опросов и т.д. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает сдачу зачета и самостоятельную подготовку к нему. При подготовке к промежуточной аттестации необходимо по рекомендованным литературным источникам проработать и внимательно изучить теоретический материал, соответствующий вопросам, выносимым на аттестацию.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Общие положения

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

1.2. На первом занятии преподаватель:

- знакомит студентов с целями и задачами преподаваемой дисциплины, определяет ее место в образовательной программе, обозначает междисциплинарные связи;
- уточняет планы практических (семинарских, лабораторных) занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины, с учетом контингента и уровня подготовки студентов;
- рекомендует основную и дополнительную литературу для успешного освоения дисциплины;
- доводит до сведения студентов систему оценки знаний.

2. Рекомендации по подготовке и преподаванию дисциплины

2.1. Рекомендации по подготовке и проведению практических (семинарских) занятий:

2.1.1. Цель практических (семинарских) занятий - предоставление возможностей для углубленного изучения теории, овладения практическими навыками и выработки самостоятельного творческого мышления у студентов. На каждом таком занятии обучающиеся решают практические задачи и демонстрируют результаты выполнения домашнего задания, выданного на предыдущем занятии.

2.1.2. Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется выполнение расчетно-графических работ студентов по материалам лекций и практических работ. Подборка заданий осуществляется на основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию студентов при конспектировании лекционного материала и других источников.

2.2. Рекомендации по организации руководства самостоятельной работой студентов

2.2.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

2.2.2. В ходе руководства самостоятельной работой студентов преподаватель приобщает их к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

2.3. Рекомендации по подготовке и проведению лабораторных работ.

2.3.1. Лабораторная (практическая) работа - это такой метод обучения, при котором обучающиеся под руководством преподавателя и по заранее намеченному плану проделывают опыты или выполняют определенные практические задания и в процессе их воспринимают и осмысливают новый учебный материал.

2.3.2. Перед выполнением каждой работы предшествует проверка готовности к лабораторной работе, которая производится преподавателем.

Преподаватель оценивает уровень подготовки студентов по следующим ключевым критериям:

- подготовка ответов на контрольные вопросы для проверки теоретических знаний, умений и навыков до выполнения работы (контрольные вопросы прилагаются);
- самостоятельное изучение методических указаний по проведению конкретной лабораторной работы;
- подготовка формы отчета.

Допускается также введение других вопросов:

- составление структурной схемы измерений;
- изображение предполагаемого хода кривых, которые будут сниматься в работе.

По итогам проверки преподаватель принимает решение о допуске студента к выполнению лабораторной работы и проводит для студентов инструктаж по технике безопасности (при необходимости).

2.3.3. Проведение лабораторных работ включает в себя следующие методические приемы:

- постановку темы занятий и определение задач лабораторно-практической работы;
- определение порядка лабораторно-практической работы или отдельных ее этапов;
- непосредственное выполнение лабораторно-практической работы учащимися и контроль преподавателя за ходом занятий и соблюдением техники безопасности;
- подведение итогов лабораторно-практической работы и формулирование основных выводов.

2.3.4. Преподаватель проверяет результаты выполнения лабораторной работы, оформленной учащимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются соответствующими рекомендациями, приведенными в лабораторном практикуме дисциплины.

2.3.5. Оценки за выполнение лабораторной работы являются показателями текущей успеваемости учащихся по учебной дисциплине.

2.4. Рекомендации по осуществлению контроля знаний обучаемых

2.4.1. По дисциплине действует балльно-рейтинговая система, которая включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины.

2.4.2. По дисциплине предусмотрены следующие виды аттестации: текущий контроль, рубежный контроль и промежуточная аттестация.

2.4.3. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к семинарским, лабораторным и практическим занятиям, могут быть использованы различные проверочные задания.

2.4.4. Прохождение контрольных рубежей по итогам освоения дисциплины проводится в середине и в конце семестра.

2.4.5. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает приём зачета и самостоятельную подготовку к нему.

Автор(ы):

Лемешко Борис Дмитриевич