

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 «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ»**

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, член корр.РАН, д.ф.м.н.

\_\_\_\_\_ А.К.Чернышев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**СИЛЬНОТОЧНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>3.04.01 «Прикладные математика и физика»</u>
Наименование образовательной программы	<u>электрофизика</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>магистр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Заведующий кафедрой «ЭФ»,  
д.ф.м.н., доцент  
протокол № 2 от 03.02.2023г. \_\_\_\_\_ Ю.Б. Кудасов  
03.02.2023г.

г. Саров, 2023г.

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 ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

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 ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

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 ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

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 ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗСО/
2	16	2	72	16	-	-	56	0	Зачет
<b>ИТОГО</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>Зач.</b>

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью курса является обеспечение базовой подготовки в области сильноточной электроники, особенно в части ее применений к мощным импульсным устройствам для научных исследований и технологических применений. Особое внимание уделяется физическим основам коммутации больших мощностей магнитными ключами, полупроводниковыми приборами на основе рп-перехода и схемотехнике генераторов с твердотельной системой коммутации в микро- и наносекундном диапазонах. Кратко обсуждаются вопросы, связанные с генераторами на основе искровых разрядников и тиратронах.

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

Дисциплина «Сильноточная электроника», входит в первый блок: «Дисциплины» часть, формируемая участниками образовательных отношений, учебного плана по направлению подготовки 03.04.01 «Прикладные математика и физика» по программе «Электро-физика».

Опирается на материал следующих дисциплин, читаемых студентам физико-технических специальностей: теоретические основы электротехники, уравнения математической физики, электродинамика, физика плазмы, квантовая механика, сильноточная электроника.

Для успешного освоения дисциплины необходимо знание учащимися курсов высшей математики и общей физики. Предполагается знание материала, входящего в учебный план обучения бакалавра классического университета по направлению подготовки – физика. Необходимо иметь начальные навыки обращения с чертежами и электронными схемами. Обладать знанием основ электроники, приборов и методов исследования электрофизических процессов.

### 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>Тип задачи профессиональной деятельности: проектный</b>			
организация выполнения проектов исследовательской и инновационной направленности в качестве исполнителя, ответственного за выполнение отдельного направления работ	мощные электрофизические установки: мощные источники электрических импульсов, крупномасштабные лабораторные электрофизические установки высоковольтные и сильноточные системы, ускорители заряженных частиц, мощные ВЧ- и СВЧ-генераторы, взрывомагнитные источники энергии, диагностические комплексы, и вспомогательное оборудование.	ПК-14.1 способен к обеспечению безопасности при проведении работ на ядерно-физических и электрофизических установках, с делящимися материалами, радиоактивными веществами и радиоактивными отходами	З-ПК-14.1 знать федеральные нормы и правила, отраслевые нормативные документы электробезопасности и охране труда при эксплуатации исследовательских электрофизических установок – источников излучения, высоковольтного и измерительного оборудования; технические характеристики установок и оборудования; технологические регламенты безопасной эксплуатации установок и оборудования У-ПК-14.1 уметь анализировать научно-техническую информацию по теме исследований, в том числе для организации контроля за техническим состоянием установок и оборудования; средств измерений, контроля, управления и автоматике, обеспечивающих безопасную эксплуатацию установок и стендов В-ПК-14.1 владеть навыками разработки планов перспективных исследований по инновационным электрофизическим технологиям и мероприятий по обеспечению электробезопасности планируемых работ

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

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы						
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 6.3)	
			16	-	-	56			
<b>Семестр № 2</b>									
<b>1.</b>	<b>РАЗДЕЛ 1</b>	<b>1-16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>56</b>			
1.1.	Силовая импульсная электроника.	1-2	1	-	-	7	УО	3	
1.2.	Газоразрядные ключи.	3-4	2	-	-	7	УО	3	
1.3	Тиратроны.	5-6	1	-	-	7	УО	3	
1.4	Генераторы с газоразрядной системой коммутации в нано- и пикосекундном диапазоне.	7-8	2	-	-	7	УО	3	
1.5	Коммутация с помощью управляющего плазменного слоя.	9-10	1	-	-	7	УО	3	
1.6	Коммутация с помощью задержанной ударно-ионизационной и туннельно-ионизационной волны в полупроводниках.	11-12	2	-	-	7	УО	3	
1.7	Динамические характеристики ферро(ферри)магнитных сердечников.	13	2	-	-	7	УО	3	
1.8	Генераторы с твердотельной системой коммутации в микро- и наносекундном диапазоне.	14	2	-	-	7	УО	3	
Рубежный контроль		15					ДЗ		5
Промежуточная аттестация		Зачет-16					зач		0-50
Посещаемость									5
Итого:			16	-	-	56	зач		100

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

УО – устный опрос

ДЗ – домашнее задание

З -зачет

## Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины
1.	Тема 1. Силовая импульсная электроника. Схемотехника мощных импульсных генераторов. Сильноточная электроника. Высоковольтные замыкающие и размыкающие ключи.
2.	Тема 2 Газоразрядные ключи. Пробой в газоразрядных ключах. Искровые разрядники.
3	Тема 3 Тиратроны. Псевдоискровой разряд. Тиратроны с холодным катодом.
4	Тема 4 Генераторы с газоразрядной системой коммутации в нано- и пикосекундном диапазонах.
5	Тема 5 Коммутация с помощью управляющего плазменного слоя. Диод с накоплением заряда. Дрейфовый диод с резким восстановлением. Диоды, работающие в режиме наносекундного обрыва сверхплотного тока – SOS-диоды.
6	Тема 6 Коммутация с помощью задержанной ударно-ионизационной и туннельно-ионизационной волны в полупроводниках. Реверсивно-включаемый динистор.
7	Тема 7 Динамические характеристики ферро(ферри)магнитных сердечников. Основы магнитной коммутации. Магнитные материалы, применяемые в магнитных ключах.
8	Тема 8 Генераторы с твердотельной системой коммутации в микро- и наносекундном диапазонах.

### 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 3</b>				
Раздел 1	Силовая импульсная электроника. Схемотехника мощных импульсных генераторов. Сильноточная электроника. Высоковольтные замыкающие и размыкающие ключи.	ПК-14.1	З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	УО-1-2
	Газоразрядные ключи. Пробой в газоразрядных ключах. Искровые разрядники.		З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	УО-3-4
	Тиратроны. Псевдоискровой разряд. Тиратроны с холодным катодом.		З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	УО-5-6
	Генераторы с газоразрядной системой коммутации в нано- и пикосекундном диапазонах.		З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	УО-7-8

	Коммутация с помощью управляющего плазменного слоя. Диод с накоплением заряда. Дрейфовый диод с резким восстановлением. Диоды, работающие в режиме наносекундного обрыва сверхплотного тока – SOS-диоды.		З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	УО-9-10
	Коммутация с помощью задержанной ударно-ионизационной и туннельно-ионизационной волны в полупроводниках. Реверсивно-включаемый диодистор.		З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	УО-11
	Динамические характеристики ферро(ферри)магнитных сердечников. Основы магнитной коммутации. Магнитные материалы, применяемые в магнитных ключах.		З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	УО-12-13
	Генераторы с твердотельной системой коммутации в микро- и наносекундном диапазоне.		З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	УО-14
<b>Рубежный контроль</b>		ПК-14.1	З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	ДЗ-15
<b>Промежуточная аттестация</b>		ПК-14.1	З-ПК-14.1; У-ПК-14.1; В-ПК-14.1	Зачет-16

## 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 темы домашнего задания (ДЗ)

1. «Статический пробой газов. Импульсный пробой газов. Формирование искрового разряда».
2. «Природа ферромагнетизма. Антиферромагнетики и ферриты».
3. «Причины образования доменов. Кристаллы и направления легкого намагничивания».
4. «Процесс намагничивания ферромагнетиков.  $\vec{B}$  и  $\vec{H}$  в ферромагнетиках».
5. «Энергетические зоны в полупроводниках, диэлектриках и металлах».
6. «Переход электронов через запрещенную зону. Собственная электронная и дырочная электропроводность. Ток дрейфа».
7. «Примесные полупроводники и примесная электропроводность. Диффузия носителей заряда в полупроводниках».
8. «Электронно-дырочный переход при отсутствии внешнего напряжения. Переход металл-полупроводник».
9. «Электронно-дырочный переход при прямом и обратном напряжении».
10. «Работа диода в импульсном режиме. Диод с накоплением заряда».

### 5.2.2. Примерные задачи для самостоятельной работы (ДЗ):

Задача 1.

Определить максимальное напряжение на обмотке дросселя и время его достижения до перехода сердечника в насыщенное состояние.

Задача 2.

Вычислить индуктивность дросселя в насыщенном состоянии.

Задача 3.

Найти выражение для удельных потерь в материале сердечника дросселя при его перемагничивании.

Задача 4.

Вычислить критическую (допустимую) скорость нарастания тока на реверсивно-включаемом динисторе с рабочей площадью  $20 \text{ см}^2$ .

Задача 5.

Вычислить длительность импульса накачки дрейфового диода с резким восстановлением с рабочим напряжением  $1,5 \text{ кВ}$  ( $N_d = 10^{14} \text{ см}^{-3}$ ).

Задача 6.

На качественном уровне определить в какой из областей полупроводниковой структуры SOS-диода начинается процесс обрыва тока. Сравнить с процессом обрыва тока в РВД, и объяснить различие в коммутационных характеристиках этих коммутаторов.

Задача 7.

Оценить возможность создания перенапряженной области в реальном p-n-переходе с током утечки  $J_0$ .

Задача 8.

Вычислить величину «сильного» тормозящего поля для быстродействующего кремниевого диода ( $\tau_p \approx 10^{-9}$  сек) и диффузионного германиевого диода ( $\tau_p \approx 10^{-5}$  сек), где  $\tau_p$  - время жизни дырок в базе.

### 5.2.3. Примерные задания к устному опросу (УО) и Зачету (Зач)

1. Объем сердечника дросселя и коэффициент сжатия первых звеньев.
2. Принцип действия магнитного генератора на примере однозвенной схемы.
3. Основные типы магнитного состояния вещества. магнитные материалы для насыщающихся дросселей.
4. 1-я и 2-я гипотезы Вейсса, объясняющие ферромагнетизм. Причины образования доменов.
5. Кривая намагничивания. Физические процессы, соответствующие основным участкам изменения намагниченности.
6. Электрические параметры дросселей. Индуктивность и магнитная проницаемость в насыщенном состоянии. Требования, предъявляемые к сердечникам магнитных генераторов.
7. Влияние вихревых токов и магнитной вязкости на характеристику намагничивания. Коэффициент переключения.
8. Магнитные материалы для насыщающихся дросселей. Выбор типа материала в зависимости от времени перемагничивания.
9. Выходное звено с формирующей линией. Формирование импульса в нагрузке. Коэффициент сжатия последнего звена
10. Объем сердечника дросселя последнего звена, содержащего формирующую линию.

### 5.2.4. Интерактивная форма, используемая в реализации дисциплины (УО)

При выполнении 10 интерактивных занятий студентам предлагается решить следующие

проблемы:

- Мозговой штурм;
- Case-study (анализ конкретных задач или ситуаций);

№	Примерные проблемы для интерактивных занятий	Условия	Методы и средства контроля
1	Постановка измерения статических характеристик ферритовых сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса ППГ	Заданы геометрические характеристики ферритового сердечника с ППГ. Выбрать метод измерения и параметры измерительной аппаратуры	Оценка активности участия студента. Презентация результатов деятельности студентов
2	Сравнительные характеристики приборов сильноточной электроники: тиратрон с полым катодом, диодный размыкатель (SOS), реверсивно включаемый динистор, магнитный коммутатор, динистор с глубокими уровнями	Сравнительные характеристики: предельно коммутируемые напряжения и токи, предельные $dU/dt$ , кВ, предельные $dI/dt$ , А, области применения	
3	Постановка измерения и исследования динамических свойств сердечников с ППГ	Предложить схему измерения и обсудить ее возможности при генераторе импульсов с током $I_m$ , длительности $t_{и}$ , длительности фронта $t_{фр}$ , длительности спада $t_{сп}$ , внутреннем сопротивлении 500 Ом, частоте следования 500 Гц	
4	Сравнительный анализ импульсных схем на основе диодных размыкателей и магнитных ключах	Допускается анализ на уровне блок-схем для генерирования мощных импульсов длительностью 10-100 нс, напряжением 100-200 кв, частота 50-200 Гц, током 0,2-0,05 кА, энергия импульса 0,5-1 Дж	

### 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-ех 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»	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 «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. Туркевич В.М., Грехов И.В. Новые принципы коммутации больших мощностей полупроводниковыми приборами. Л.: Наука. 1988. С. 117
2. Еремин С.А., Мокеев О.К., Носов Ю.Р. Полупроводниковые приборы с накоплением заряда и их применение. М.: Советское радио. 1966. С. 217
3. Меерович Л.А. и др. Магнитные генераторы импульсов. М.: Советское радио. 1968. С. 474.
4. Х. Блум. Схемотехника и применение мощных импульсных устройств. М.: Изд. дом «Додека-XXI». 2008. С. 352.
5. Зильберман Г.Е. Электричество и магнетизм. Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект». 2008. С. 376.
6. Жеребцов И.П. Основы электроники. Л.: Энергоатомиздат. 1985. С. 352.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Месяц Г.А., Яландин М.И. Пикосекундная электроника больших мощностей. УФН. 2005. Том 175. №3. С. 225-245.
2. Рукин С.А. Генераторы мощных наносекундных импульсов с полупроводниковыми прерывателями тока. ПТЭ. 1999. №4. С. 5-36.
3. Мешков А.Н. Магнитные генераторы мощных наносекундных импульсов. ПТЭ. 1990. №1. С. 23-36.
4. Аристов Ю.В., Воронков В.Б., Грехов И.В. и др. Мощный полупроводниковый переключатель высоковольтных импульсов с наносекундным фронтом нарастания. ПТЭ. 2007. №2. С. 87-90.

5. Ebert U., Hundsdorfer W., Grekhov I., Rodin P.. Superfast fronts of impact ionization in semiconductor structures. Journal of Applied Physics. 2002. V. 92. №4. P. 1971-1980.

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

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. программное обеспечение (среда для LMTO расчетов MindLab 5.0, LMTART), интернет-ресурсы среда Maple, MatLab, базы данных aps.org, Elsevier.

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

Освоение дисциплины производится на базе учебной лаборатории кафедры в СарФТИ НИЯУ МИФИ учебного корпуса. Лаборатория оснащена современным оборудованием, позволяющим проводить практические занятия. Здесь же проводятся консультации по текущим вопросам и по квалификационным проектам.

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

Практические работы являются частью занятия и выполняются под контролем наставника с использованием результатов практических занятий, в том числе – и в качестве практических занятий.

В качестве материально-технического обеспечения используются также ресурсы и программно-аппаратное обеспечение компьютерного класса.

При выполнении практических, научно-исследовательских, опытно-конструкторских, хозяйственных и госбюджетных работ используются современные средства измерения и контроля разных фирм и др.

### **9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При освоении дисциплины «Сильноточная электроника» применяются активная и интерактивная формы обучения в сочетании с самостоятельной работой. На аудиторных занятиях происходит изложение нового теоретического материала в виде лекций, разбираются решения типичных задач на применение полученных сведений для более глубокого понимания, проводится контроль выполнения домашних работ. Во время лекционных и практических занятий используются презентации и обсуждаются новые эксперименты, проводимые на мощных электрофизических установках, а также новые работы по численному моделированию этих экспериментов, которые появились в научной литературе.

Организация занятий обязательно включает диалог со студентами по вопросам решения задач. Во время контроля выполнения заданий, предложенных для внеаудиторной самостоятельной работы, производится выступление студентов с вариантами решений.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов состоит из двух взаимосвязанных частей. Первая представляет собой освоение теоретического материала, вторая – приобретение практических навыков решения задач. Освоение теоретического материала

производится по лекциям и указанной основной и дополнительной литературе. Решение задач, предложенных в качестве домашнего задания, позволяет студентам научиться решать типичные задачи, возникающие при работе с электрофизическими установками.

Для решения воспитательных и учебных задач дисциплины используется 10 занятий в интерактивной форме (из РУПа).

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

Автор: преподаватель кафедры ЭФ, Китаев Илья Николаевич

Рецензент: старший преподаватель кафедры ЭФ, Сурдин Олег Михайлович