Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ГЕТЕРОСТРУКТУР

Направление подготовки (специальность) [1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

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	4	144	30	30	30		18	0	Э
Итого	4	144	30	30	30	0	18	0	

АННОТАЦИЯ

Курс “ Экспериментальная физика полупроводников и гетероструктур ориентирован на ознакомление студентов с фундаментальными свойствами полупроводников и полупроводниковых гетероструктур, и явлениями, в них происходящими, а также дать им начальное представление об основных экспериментальных методах их исследования. Предполагается, что предварительно студенты прослушали вводный курс «Введение в физику полупроводников» и уже знакомы с основными принципами физики твердого тела, а также обладают знаниями по общей физике и нерелятивистской квантовой механике в объеме университетских программ.

Наряду со свойствами объемных полупроводников рассматриваются свойства полупроводниковых гетероструктур, кратко приводятся необходимые сведения по технологическим методам их роста, анализируются энергетические диаграммы гетеропереходов и сложных гетероструктур. Значительное внимание уделено также полупроводниковым структурам пониженной размерности, т.е. структур, в которых движение носителей заряда ограничено в одном или нескольких пространственных направлениях на расстояниях порядка длины волны де-Бройля. Происходящие при этом кардинальные изменения свойств таких систем открывают чрезвычайно широкие возможности для различного рода их применений, прежде всего в полупроводниковой электронике и оптоэлектронике.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса – ознакомить студентов с фундаментальными свойствами полупроводников и полупроводниковых гетероструктур, и явлениями, в них происходящими, а также дать им начальное представление об основных экспериментальных методах их исследования.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: физика твердого тела, взаимодействие излучения с веществом. Предполагается, что предварительно студенты уже знакомы с основными принципами физики твердого тела, а также обладают знаниями по общей физике и нерелятивистской квантовой механике в объеме университетских программ.

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 соотвествии 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**

		Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	**профессиональной компетенции**
инновационный;			
Сбор и анализ информационных источников и исходных данных для планирования и разработки исследовательских проектов; подготовка исходных данных для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; участие в разработке и реализации проектов исследовательской и инновационной направленности в команде исполнителей.	Научно-технические и организационные решения.	ПК-5 [1] - Способен применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий *Основание:* Профессиональный стандарт: 26.003	З-ПК-5[1] - Знать физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования, принципы экспертизы продукции для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий ; У-ПК-5[1] - Уметь применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий; В-ПК-5[1] - Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования, математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий
экспертно-аналитический			
Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по	Научная и аналитическая информация, отечественный и зарубежный опыт	ПК-10 [1] - Способен к построению аналитических и количественных моделей процессов в	З-ПК-10[1] - Знать основные методы построения аналитических и количественных

тематике исследования, сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.	по тематике исследования; научные и аналитические отчеты, публикации и презентации по результатам исследований.	природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера *Основание:* Профессиональный стандарт: 29.004	моделей процессов в природе, технике и обществе. ; У-ПК-10[1] - Уметь применять методы и принципы построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе для решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера; В-ПК-10[1] - Владеть навыками построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера
Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, сбор и	Научная и аналитическая информация, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;	ПК-20.2 [1] - Способен ориентироваться в современных экспериментальных достижениях физики конденсированного состояния, в	З-ПК-20.2[1] - последние теоретические и экспериментальные достижения физики конденсированного состояния, применения

обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.	научные и аналитические отчеты, публикации и презентации по результатам исследований.	возможностях современных пучковых и лазерных технологий в применении к конкретным методам создания, обработки и исследования различных твердотельных материалов и наноструктур, основных экспериментальных фактах физики сверхпроводимости и техники низких температур, их применениях в экспериментальной технике и промышленности. *Основание:* Профессиональный стандарт: 29.004	современных сверхпроводящих материалов, фазовых переходов в современных материалах, применения современных сверхпроводящих материалов, возможности современных пучковых и лазерных технологий в применении к конкретным методам создания, обработки и исследования различных твердотельных материалов и наноструктур; У-ПК-20.2[1] - уметь предложить и обосновать схему эксперимента по лазерной обработке материалов, лазерному напылению тонких пленок, исследованию поверхности, твердотельных материалов или наноструктур, для исследования фазовых переходов в современных материалах; В-ПК-20.2[1] - владеть современными экспериментальными данными в области физики взаимодействия излучения оптического диапазона с веществом в конденсированном состоянии, методов исследования структурных и электронных свойств твердых тел

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	2 Семестр						
1	Первый раздел	1-8	16/16/16		25	КИ-8	З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, З-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2
2	Второй раздел	9-15	14/14/14		25	КИ-15	З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, З-ПК-20.2, У-ПК-

							20.2, В-ПК-20.2
	Итого за 2 Семестр		30/30/30		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, З-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2

* – 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**
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	**Темы занятий / Содержание**	**Лек., час.**	**Пр./сем., час.**	**Лаб., час.**
	2 Семестр	30	30	30
1-8	**Первый раздел**	16	16	16
1	**Неравновесные носители заряда в полупроводниках.** Рекомбинация носителей. Время жизни. Кинетика неравновесных носителей. Уравнение непрерывности. Максвелловское время релаксации.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
2	**Фотопроводимость.** Методы измерения времени жизни и коэффициента	Всего аудиторных часов		
		2	2	2

	диффузии неравновесных носителей. Детекторы на основе эффекта фотопроводимости.	Онлайн		
		0	0	0
3	**Экспериментальные методы измерения электропроводности.** 4-х зондовый метод. Метод Ван дер Пау. Метод Ван дер Пау для измерения эффекта Холла.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
4	**Контакт металл-полупроводник.** Зонная диаграмма. Барьер Шоттки. Вольт-амперная характеристика и выпрямление тока. Омический контакт.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
5	**P-n переход.** Вольт-амперная характеристика. Выпрямление. Область пространственного заряда. Емкость p-n перехода.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
6	**Фотовольтаический эффект – фотоэдс.** Фотовольтаические преобразователи электромагнитного излучения. Фотодиод.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
7	**Полупроводниковый инжекционный лазер.** Принцип действия полупроводникового инжекционного лазера. Инверсия населенностей и квазиуровни Ферми.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
8	**Биполярный транзистор.** Принцип действия и основные характеристики.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	**Второй раздел**	14	14	14
9	**Гетероструктуры.** Элементы теории гетеропереходов. Типы гетеропереходов. Построение энергетической диаграммы анизотипного и изотипного гетероперехода.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
9	**Материалы для гетероструктур.** Принцип изопериодического замещения в многокомпонентных твердых растворах. Четырехкомпонентные диаграммы для выбора изопериодических составов в системах A3B5, A2B6 и A4B6. Технологии молекулярно-пучковой и МОС-гидридной эпитаксии для роста полупроводниковых гетероструктур.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
10	**Полевой МДП транзистор.** Транзистор на одиночном гетеропереходе. Транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT).	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
11	**Тонкая полупроводниковая пленка.** Размерное квантование спектра электрона в тонкой полупроводниковой пленке. Двумерный электронный газ. Плотность состояний.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
12	**Низкоразмерные электронные системы.** МДП-структуры, одиночный гетеропереход, квантовые ямы, нити и точки.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0

13	**Светодиоды и лазеры на низкоразмерных гетероструктурах.** Светодиоды и лазеры на низкоразмерных гетероструктурах.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
14	**Резонансное туннелирование в структурах с квантовыми ямами.** Резонансно-туннельный диод. Сверхрешетки.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
15	**Квантовые каскадные лазеры.** Принцип действия и типы рабочих переходов. Инжектор. Характеристики квантового каскадного лазера.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0

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**
	2 Семестр
1 - 2	**Вводная лекция и инструктаж по технике безопасности** Вводная лекция по оформлению лабораторных работ, содержанию отдельных лабораторных, эффектам и методам расчета, на которые надо обратить внимание, рекомендуемая литература. Инструктаж по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
3 - 8	**Выполнение лабораторных работ** Работы выполняются в подгруппах по 2-3 человека по индивидуальному плану. Каждый студент должен выполнить определенное количество работ из следующего списка: 1. Методы лазерного напыления тонких пленок 2. Профилометрия тонких пленок 3. Ферромагнитный резонанс 4. Эффект Холла 5. Электронный парамагнитный резонанс
9 - 15	**Выполнение лабораторных работ**

	продолжение выполнения работ из списка

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия с использованием компьютерных технологий, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашних заданий и повторении ранее пройденного материала.

Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, в том числе проводимых в НИЯУ МИФИ, а также в других московских университетах и институтах.

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-10	З-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-20.2	З-ПК-20.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-20.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-20.2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-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 – *«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*»		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.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Р25 Методы получения эпитаксиальных гетерокомпозиций : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

2. ЭИ П 19 Полупроводниковые приборы : , Санкт-Петербург: Лань, 2022

3. 621.38 Ф50 Физика низкоразмерных систем : Учеб. пособие для вузов, А. Я. Шик [et al.], СПб: Наука, 2001

4. ЭИ Н63 Сборник задач по курсу "Физика твердого тела" : , И. Н. Николаев, А. И. Маймистов, Москва: МИФИ, 2009

5. 539.2 К45 Введение в физику твердого тела : , Ч. Киттель , М.: МедиаСтар, 2006

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Н19 Development of an Effusive Molecular Beam Apparatus : , Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016

2. ЭИ Д 72 Наноэлектроника в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2022

3. 537 Г90 Основы физики полупроводников. Нанофизика и технические приложения : , Москва: Физматлит, 2012

4. ЭИ Б 83 Полупроводник и ферромагнетик монооксид европия в спинтронике : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022

5. 539.2 Б 49 Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением : , Москва: Техносфера, 2014

6. ЭИ А 46 Технология полупроводниковых материалов : , Санкт-Петербург: Лань, 2022

7. ЭИ Т 57 Тонкопленочные гетерокомпозиции на основе карбида кремния. Раздел: Физико-технологические основы получения гетероструктур. : учебно-метод. пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2018

8. ЭИ Е50 Физика и техническое применение наноструктур : лабораторный практикум, В. Ф. Елесин, И. Ю. Безотосный, И. Ю. Катеев, Москва: МИФИ, 2008

9. 537 З-47 Физика полупроводников : , Зеегер К.;Пер.с англ., М.: Мир, 1977

10. 539.2 З-15 Задачи по физике наноструктур для научно-исследовательской работы студентов : учебно-методическое пособие, МИФИ, Москва: МИФИ, 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

После изучения курса студент должен ориентироваться в следующих аспектах физики полупроводников и полупроводниковых гетероструктур:

- Кинетика неравновесных носителей заряда в полупроводниках. Решения уравнения непрерывности совместно с уравнениями кинетики в простых случаях.
- Диффузия и дрейф неравновесных носителей в полупроводниках.
- Зонная структура контакта металл-полупроводник, выпрямление тока в контакте Шоттки
- свойства p-n перехода.
- фотоэдс и физические механизмы генерации электрического тока при освещении p-n перехода.

- гетероструктуры, принципы построения зонных диаграмм гетеропереходов, основные типы гетероструктур;

- размерное квантование и низкоразмерные электронные системы.

Если студент обнаруживает у себя пробелы в необходимых разделах математики и физики, он должен немедленно обратиться к преподавателю за методическими указаниями по их устранению.

При подготовке к лабораторным работам необходимо проработать соответствующее учебное пособие и теоретический материал, понять суть явления и схему установки, задачи каждого элемента установки, порядки величин и основные расчетные формулы.

Работа состоит из допуска (ответа на вопросы по содержанию прочитанного практикума, теории эффекта и схеме установки), выполнения лабораторной работы и защиты отчета с полученными результатами.

Помимо слушания лекций для самостоятельной проработки материала настоятельно рекомендуется пользоваться рекомендуемыми ниже учебными пособиями

ОСНОВНАЯ

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 2006.

2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1977, 1990.

3. А. Я. Шик и др., Физика низкоразмерных систем, СПб: Наука, 2001

4. Николаев И. Н., Маймистов А. И. Сборник задач по курсу "Физика твердого тела". М.: МИФИ, 2009.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Основы физики полупроводников. Нанофизика и технические приложения : , Москва: Физматлит, 2012

2. Зеегер К. Физика полупроводников. М.: Мир, 1977

3. Ю П., Кардона М. Основы физики полупроводников / Пер. с англ. И.И.Решиной. Под ред. Б.П. Захарчени. — 3-е изд. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

После изучения курса студент должен ориентироваться в следующих аспектах физики полупроводников и полупроводниковых гетероструктур:

- Кинетика неравновесных носителей заряда в полупроводниках. Решения уравнения непрерывности совместно с уравнениями кинетики в простых случаях.

- Диффузия и дрейф неравновесных носителей в полупроводниках.

- Зонная структура контакта металл-полупроводник, выпрямление тока в контакте Шоттки

- свойства p-n перехода.

- фотоэдс и физические механизмы генерации электрического тока при освещении p-n перехода.

- гетероструктуры, принципы построения зонных диаграмм гетеропереходов, основные типы гетероструктур;

- размерное квантование и низкоразмерные электронные системы.

Порядок выполнения лабораторных работ и конкретное распределение студентов по подгруппам определяются с учётом тематики и профиля НИР студентов.

Перед началом каждой лабораторной работы проводится теоретический допуск, проверяется знакомство с теоретическим материалов и соответствующим учебным пособием, студентов просят объяснить понять суть явления и схему установки, задачи каждого элемента установки, проверяется ориентация в порядках величин и знание основных расчетных формул.

Результаты выполнения работы необходимо оформить в виде отчёта и защитить, для чего ответить на дополнительные вопросы.

Автор(ы):

Митягин Юрий Алексеевич, к.ф.-м.н., с.н.с.