



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НР

Ахметова И.Г.

«28» октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01 Методы радиоспектроскопии: основы и применения

(указывается индекс и наименование дисциплины согласно учебному плану в соответствии с ФГОС ВО)

Направление
подготовки

03.06.01 Физика и астрономия

(указывается код и наименование)

Направленность
подготовки

01.04.10 Физика полупроводников

Квалификация (степень)
выпускника

Исследователь. Преподаватель-
исследователь

Форма обучения

Очная

(очная, очно-заочная, заочная)

г. Казань

2020

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Методы радиоспектроскопии: основы и применения» является формирование у обучающихся компетенций в области применения радиоспектроскопии для изучения свойств и структурных характеристик полупроводниковых материалов, включая знания, умения и навыки, обеспечивающие успешное сочетание научной и педагогической деятельности.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

1. Изучить основные методы радиоспектроскопии;
2. Изучить методики измерения спектральных и релаксационных параметров;
3. Формирование умений в области применения и использования радиоспектроскопии.

В результате изучения дисциплины «Методы радиоспектроскопии» аспирант должен овладеть:

Формируемые компетенции (код и формулировка компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2 владением методологией экспериментальных исследований физических явлений, происходящих в полупроводниках, разработки и исследования технологических процессов получения полупроводниковых материалов и композитных структур на их основе, создания оригинальных полупроводниковых приборов и интегральных устройств	З1(ПК-2) Знать: теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и экспериментальной физики; У1 (ПК-2) Уметь: критически анализировать и оценивать современные научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; В1 (ПК-2) Владеть: способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.
ПК-3 готовностью к самостоятельному пониманию и изучению современных проблем физики полупроводников и использованию фундаментальных представлений в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач	З1(ПК-3) Знать: Знать основные направления, проблемы и новейшие достижения в области физики твердого тела, связанной с получением новых материалов и исследованием их свойств. У1 (ПК-3) Уметь: проводить классификацию материалов, процессов обработки материалов и готовых изделий из них; объяснять взаимосвязь между структурой твердых тел и свойствами материалов. В1 (ПК-3) Владеть: Владеть навыками применения знаний фундаментальных законов физики для решения научно-

	исследовательских задач в области физики твердого тела, связанной с получением новых материалов и исследованием их свойств, в том числе с применением новейших информационно-коммуникационных технологий.
--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Методы : » относится к дисциплинам по выбору и является образовательной составляющей учебного плана. Дисциплина изучается во 2 году обучения. Дисциплина относится к вариативной части образовательной программы 03.06.01. Физика и астрономия.

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, используются при выполнении научно-исследовательской работы аспиранта и диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

3. Структура и содержание дисциплины «Методы

: »

3.1 Структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

для аспирантов очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	из них, проводимых в интерактивной форме	семестры			
			3			
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	144		144			
АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ:						
Лекции (Лк)	18		18			
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	18		18			
Лабораторные работы (ЛР)	0		0			
и(или) другие виды аудиторных занятий						
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА:	108		108			
Курсовой проект (работа)						
Расчетно-графические работы						
Реферат						
и (или) другие виды самостоятельной работы						
ВИД ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ (З – зачет, Э – экзамен)			ЗаО			

3.2. Содержание разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лк	ПЗ	ЛР	СР	
1	2	3	4	6	7	8	9	10
1	Основы теории ЯМР/ЯКР	48	3	6	6	0	36	Собеседование/Зачет.
2	Методы исследования сигналов ЯМР/ЯКР и описание экспериментальной установки	48	3	6	6	0	36	Выступление с докладом/Зачет.
3	Измерения спектральных и релаксационных параметров	48	3	6	6	0	36	Выступление с докладом/Зачет.
	Итого:	144	–	18	18		144	–

3.3. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Основы теории ЯМР/ЯКР.

Ядерный магнитный момент. Ядерный электрический квадрупольный момент. Градиенты электрических полей в кристаллах. Уровни энергии и частоты переходов.

Тема 2. Методы исследования сигналов ЯМР/ЯКР и описание экспериментальной установки.

Особенности методов ЯМР/ЯКР. Стационарные методы наблюдения сигналов ЯМР/ЯКР. Импульсные методы наблюдения сигналов ЯМР/ЯКР. Основы Фурье-спектроскопии. Спектрометры. Методика обработки сигналов ЯМР/ЯКР.

Тема 3. Измерения спектральных и релаксационных параметров.

Подготовка спектрометра к измерениям. Спиновое эхо и форма резонансной линии. Спин-спиновая релаксация. Спин-решеточная релаксация.

3.5. Лабораторные занятия учебным планом дисциплины не предусмотрены.

3.6. Разделы дисциплины и связь с формируемыми компетенциями

№ п/ п	Раздел дисциплины, участвующий в форми- ровании компетен- ций	Часов на раздел	Компетенции	
			ПК-2	ПК-3
1	Основы теории ЯМР/ЯКР	48	3	3
2	Методы исследования сигналов ЯМР/ЯКР и описание эксперимен- тальной установки	48	3,У,В	3,У,В
3	Измерения спектраль- ных и релаксацион- ных параметров	48	3,У,В	3,У,В

(Сумма компетенций, сформированных каждым разделом, соотнесенная с часами на изучение данного раздела, позволяет оценить реальность формирования компетенций и скорректировать распределение часов отведенных на разделы).

Условные обозначения: З – знать,
У – уметь,
В – владеть.

3.7. Организация самостоятельной работы аспирантов

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Объем академических часов
1	2	3	4	5
1	Самостоятельное ознакомление с основами теории ЯМР/ЯКР.	3	1	3
2	Ознакомление со спектрометром.	3	2	4
3	Проведение настройки спектрометра.	3	2	5
4	Проведение измерений спектральных характеристик в соответствии с утвержденным планом; анализ полученных данных; подготовка научной публикации в журнале из списка ВАК, Scopus или WoS; подготовка доклада по материалам исследования и выступление на научной конференции; корректировка задач и методики проведения исследований с учетом полученных данных; доклад по выполненной работе на научном семинаре кафедры.	3	2	5
5	Проведение измерений релаксационных характеристик в соответствии с утвержденным планом; анализ полученных данных; подготовка публикации в журналах из списка ВАК, Scopus или WoS; подготовка не менее двух докладов по материалам исследования и выступление на научных конференциях; доклад по выполненной работе на заседании кафедры.	3	3	5
	Итого:		-	108

4. Образовательные технологии

№ п/п	Раздел дисциплины	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
1	2	3	4	5
1	Основы теории ЯМР/ЯКР	ПК-2з; ПК-3з;	Лекция-визуализация	Устный опрос.
2	Методы исследования сигналов ЯМР/ЯКР и описание экспериментальной установки	ПК-2; ПК-3;	Лекция-визуализация	Устный опрос.
3	Измерения спектральных и релаксационных параметров	ПК-2; ПК-3;	Лекция-визуализация	Устный опрос.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Виды и формы контроля по дисциплине

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных навыков (владений) осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в КГЭУ.

Текущий контроль освоения компетенций по дисциплине проводится при изучении теоретического материала, выполнении индивидуальных заданий в форме устных отчетов научному руководителю, выступлениях с докладом на семинарах, публикаций в реферируемых журналах и сборниках материалов научных конференций.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине «Методы радиоспектроскопии: основы и применения») является промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой (3 семестр), проводимая с учетом результатов текущего контроля.

5.2. Типовые задания и материалы для оценки сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины

5.2.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Для текущей оценки качества освоения дисциплины разработаны и используются следующие средства:

- перечень контрольных вопросов по темам/разделам

1. Дайте краткие пояснения о принципах магнитного резонанса.

2. В чем заключается эффект ядерного квадрупольного резонанса? Для каких ядер возможно наблюдение ЯКР?
3. В каких веществах наблюдаются сигналы ЯКР? Чем определяется частота ЯКР сигналов?
4. Нарисуйте диаграмму энергетических уровней ядра со спином $I = 3/2$, в случае аксиально-симметричного градиента электрического поля.
5. Экспериментальные методы, используемые для исследования ЯМР/ЯКР.
6. Из каких функциональных блоков состоит многоимпульсный спектрометр ЯМР/ЯКР? Объясните назначение отдельных элементов.
7. Какие преимущества обеспечивает квадратурное детектирование?
8. Какие функции выполняет датчик ЯМР/ЯКР? Какие основные требования к нему? Что такое мертвое время?
9. Определите основные параметры ядерных квадрупольных взаимодействий.
10. Что такое градиент электрического поля? В каких единицах он выражается?
11. Нарисуйте диаграмму энергетических ЯКР уровней для ядер со спином $I = 1$.
12. Основные спектральные параметры ЯМР/ЯКР.
13. Как соотносятся резонансные частоты ЯМР/ЯКР различных изотопов одного элемента?
14. Как изменяется резонансная частота ЯМР/ЯКР с температурой?
15. Каким образом происходит формирование сигналов спинового эха?
16. Какими факторами определяется форма резонансных ЯМР/ЯКР линий?
17. Спектр ЯМР/ЯКР в магнитном поле.
18. Что такое ядерная релаксация? Какова природа механизмов релаксации?
19. Что такое время спин-спиновой релаксации? Каковы характерные времена спин-спиновой релаксации в полупроводниковых кристаллах?
20. Назовите основные методы измерения времени спин-спиновой релаксации.
21. Чем определяется чувствительность ЯМР/ЯКР спектрометра и каковы пути ее повышения?
22. Каковы причины уширения линий ЯМР/ЯКР?
23. Какова природа механизмов ядерной спин-решеточной релаксации?
24. Что такое время спин-решеточной релаксации? Каковы характерные времена спин-решеточной релаксации в полупроводниковых кристаллах?
25. Назовите основные методы измерения времени спин-решеточной релаксации.
26. Как соотносятся времена ядерной спин-решеточной релаксации различных изотопов одного элемента?

27. Как изменяются величины времени спин-решеточной релаксации с температурой?

28. Назовите области применения ЯМР/ЯКР.

5.3. Критерии оценивания уровня сформированности компетенций

Оценка результатов обучения по дисциплине «Методы радиоспектроскопии: основы и применения» уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной (зачет с оценкой).

В конце 3 семестра аспиранты подготавливают содержательный отчет о результатах научных исследований по дисциплине. Отчет утверждается научным руководителем аспиранта и заслушивается на заседании выпускающей кафедры. По результатам отчета аспиранту выставляется за-чет/зачет с оценкой.

Критерии оценивания

Результат зачета	Критерии
«зачтено»	Аспирант показал знания основных положений дисциплины, умение решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умение правильно оценить полученные результаты расчетов или эксперимента.
«не зачтено»	При ответе аспиранта выявились существенные пробелы в знаниях основных положений дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Критерии оценивания

Оценка	Критерии
«отлично»	Наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы
«хорошо»	Наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, чет-

	кое изложение материала
«удовлетворительно»	Наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, необходимость дополнительных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике
«неудовлетворительно»	Наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неточность ответов на дополнительные вопросы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 основная литература:

1. Матухин В.Л. Ядерный квадрупольный резонанс: лабораторный практикум / В.Л. Матухин, Г.В. Мозжухин, И.Х. Хабибуллин, Е.В. Шмидт. — Казань: Казан. гос. энерг. ун-т., 2014. — 72 с.
2. Гюнтер Х.. Введение в курс спектроскопии ЯМР: пер. с англ. / Х. Гюнтер. — М: Мир, 1984. — 478 с. — Текст: электронный

6.2. Дополнительная литература:

1. Гиппиус А.А. Специальный практикум по радиоспектроскопии конденсированного состояния: учебно-методическое пособие / А.А. Гиппиус, Е.А. Зверева. — Москва: Физический факультет МГУ, 2013. — 90 с. — Текст: электронный
2. Матухин В.Л. Исследование ядерного квадрупольного резонанса в кристаллах: Методические указания к выполнению курсовых работ по курсу "Физика твердого тела" / В.Л. Матухин. – Казань: Каз. фил. Моск. энерг. ин-та, 1997. — 17 с. — Текст: электронный

6.3. Электронно-библиотечные системы

1. iprbookshop.ru.
2. knigafund.ru.
3. ibooks.ru.
4. znanium.com.

5. e.lanbook.com.

6. library.bsu.ru/menu-electronic.

6.4. Программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	"ИРБИС 64 (модульная поставка): АРМ "Читатель", АРМ "Книговыдача"	Система автоматизации библиотек, отвечающая всем международным требованиям, предъявляемым к современным библиотечным системам	ГУ здравоохранения "Республиканский медицинский библиотечно-информационный центр" №61/2008 от 17.06.2008 Неискл. право . Бессрочно
2	Windows 7 Профессиональная (сертифицированная ФСТЭК)	Пользовательская операционная система	"ЗАО ""ТаксНет-Сервис"" №ПО-ЛИЦ 0000/2014 от 27.05.2014 Неискл. право. Бессрочно
3	Windows 10	Пользовательская операционная система	договор № Tr096148 от 29.09.2020, лицензиар - ООО "Софтлайн трейд", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - до 14.09.2021
4	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
5	Office Professional Plus 2007 Russian OLP NL	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	Договор № 225/ 10, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно
6	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии – бессрочно

6.5. Интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес
1	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	https://rusneb.ru/
3	КиберЛенинка	https://cyberleninka.ru/
4	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
5	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	diss.rsl.ru
6	Springer	www.springer.com
7	American Mathematical Society	www.ams.org
8	Russian Science Citation Index (RSCI)	clarivate.ru
9	Scopus	www.scopus.com
10	Web of Science	https://webofknowledge.com/

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п.п.	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Самостоятельная работа обучающихся и занятия семинарского типа	А-114а	<p>Оснащение: компьютер в комплекте с монитором (2 шт.), комплект специализированной мебели.</p> <p>Программное обеспечение: 1. Windows 7 Профессиональная (Pro): договор №2011.25486 от 28.11.2011, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно. 2. Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+: договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно. 3. Браузер Chrome. Свободная лицензия, тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно. 4. LMS Moodle. Свободная лицензия, тип (вид) лицензии -</p>

№ п./п.	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
			неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.
		Г-104	Оснащение: вытяжной шкаф, шкаф с хим. реактивами, химическая посуда, средства защиты органов дыхания, средства защиты органов зрения, установка синтеза углеродных нанотрубок CVDomna, муфельная печь, комплект специализированной мебели
		Г-219	<p>Оснащение: компьютер с монитором, импульсный ЯМР/ЯКР спектрометр Testmag Redstone, Система криостатирования OPTCRYO198M</p> <p>Программное обеспечение:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Windows 10: договор № Tr096148 от 29.09.2020, лицензиар - ООО "Софтлайн трейд", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - до 14.09.2021 2. Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+: договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно 3. Браузер Chrome, свободная лицензия, тип (вид) лицензии – неискл.право, срок действия лицензии – бессрочно.
2	Лекционные и семинарские занятия	А-114	<p>Оснащение: переносное оборудование - мультимедийный проектор, экран, ноутбук, комплект специализированной мебели</p> <p>Программное обеспечение: 1. Windows 7 Профессиональная (Pro): договор №2011.25486 от 28.11.2011, лицензиар – ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии – неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.</p>

№ п./п.	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
			2. Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+: договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно. 3. Браузер Chrome. Свободная лицензия, тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно. 4. LMS Moodle. Свободная лицензия, тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.

8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций

с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;

- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;*

- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.*

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;*

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;*

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;*

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;*

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;*

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).*

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867.

Авторы:



д.ф.-м. н., проф. В.Л. Матухин



к.ф.-м. н., Е. В. Шмидт

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Физика» от 20.10.2020 г., протокол № 5.

Зав. кафедрой
«Физика»



к.ф.-м.н., доц. Р.Р. Хуснутдинов

На заседании методического совета ИЭЭ от 28.10.2020 г., протокол №3 программа рекомендована к утверждению.

Директор ИЭЭ



д.т.н., проф. И.В. Ившин



