

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«А.5.1 Физические методы исследования»

Уровень высшего образования

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Направление подготовки

03.06.01 Физика и астрономия
(код и наименование направления подготовки)

Физика конденсированного состояния

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

Год набора 2017

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

наименование кафедры

протокол № 9 от "13" 02 2017.

Заведующий кафедрой

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния В.Л. Бердинский

наименование кафедры

подпись

расшифровка подписи

Исполнители:

должность

подпись

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель направленности (профиля)

Физика конденсированного состояния

наименование

личная подпись

расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

личная подпись

Н.Н. Грицай

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета

личная подпись

Стрекаловская А.Д.

расшифровка подписи

№ регистрации _____

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: углубленное изучение теоретических, методологических основ современных физических и физико-химических методов исследования веществ и материалов, а также конструктивных особенностей современных приборов, для проведения таких исследований.

Задачи:

- сформировать базовые знания и представления о фундаментальных законах и основных методах исследования структуры веществ и физико-химических свойств материалов. Обобщить и систематизировать знания, включающие фундаментальные законы, лежащие в основе физических методов исследования;
- сформулировать основные задачи физических методов исследования, установить область и границы применимости различных методов;
- рассмотреть основные экспериментальные закономерности, структуру и математическую форму основных уравнений, лежащих в основе физических методов, особенности их использования в различных методах;
- рассмотреть основные приемы и методы экспериментального и теоретического исследования физико-химических свойств, использование этих методов в современных технологиях;
- установить область применимости моделей, применяемых в физических методах исследования, рассмотреть способы вычисления физических величин, характеризующих явления; обеспечить овладение методологией физических исследований.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина является факультативной(ым)

Пререквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p>Знать: 31 (УК-4) – знать категории и способы научной коммуникации на государственном и иностранном языках; 32 (УК-4) – грамматические, лексические и стилистические способы презентации результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках;</p> <p>Уметь: У1 (УК-4) – применять знания о научной коммуникации на государственном и иностранном языках в практике делового профессионально-ориентированного общения; У 2 (УК-4) – применять коммуникативные лексико-грамматические модели в научном общении на государственном и иностранном языках;</p> <p>Владеть: В1 (УК-4)–навыками и опытом аннотирования и реферирования научных текстов на государственном и иностранном языках; В 2 (УК-4) – методами и технологиями профессионально-ориентированной и научной коммуникации на государственном и</p>	УК-4 готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
иностранном языке; В 3 (УК-4) – нормами и этикой научной коммуникации на государственном и иностранном языках.	
Знать: категории этики, нравственные нормы научной деятельности, идеалы науки, кодексы чести ученого, понятия научного долга, риска и ответственности ученого. Уметь: выявлять и формулировать этические и этикетные нормы, выявлять основное нравственное содержание научной деятельности, культивировать идеалы науки, позволяющие достигнуть максимально обоснованного и доказательного знания Владеть: приемами этической оценки ситуаций, методиками управления конфликтными ситуациями в научной и исследовательской деятельности, методами оценки достоверности научного знания и нравственного характера взаимоотношений между людьми, возникающих в их профессиональной деятельности.	УК-5 способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц (324 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов			
	2 семестр	3 семестр	4 семестр	всего
Общая трудоёмкость	108	108	108	324
Контактная работа:	13	13	13	39
Лекции (Л)	8	8	8	24
Практические занятия (ПЗ)	4	4	4	12
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий	0,75	0,75	0,75	2,25
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,25	0,75
Самостоятельная работа: - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	95	95	95	285
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	зачет	зачет	зачет	

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие проблемы процесса измерения		4	2		32
2	Передача сигналов по электрическим цепям		2			32

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
3	Измерения давления		2	2		32
	Итого:	108	8	4		96

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
4	Измерения температуры		4	2		32
5	Измерения и генерация потоков излучения		2	2		32
6	Масс - спектроскопия		2			32
	Итого:	108	8	4		96

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
7	Хроматография		4	2		32
8	Магнитная радиоспектроскопия		2			32
9	Оптическая спектроскопия		2	2		32
	Итого:	108	8	4		96
	Всего:	324	24	12		288

4.2 Содержание разделов дисциплины

1. Общие проблемы процесса измерения

Методы измерений: отклонений, разностный, нулевой. Стратегии измерений: когерентные и случайные выборки, мультиплексирование. Погрешности аналоговых и цифровых измерительных устройств. Систематические и случайные ошибки. Источники ошибок. Помехи, шумы. Характеристики измерительных систем: чувствительность; порог обнаружения; разрешающая способность; динамический диапазон; нелинейность, полоса пропускания. Статистические и спектральные характеристики случайных величин. Функция распределения случайной величины.

2. Передача сигналов по электрическим цепям

Цепи с сосредоточенными и распределенными параметрами. Импеданс. Описание распространения сигналов в длинных линиях, телеграфные уравнения. Волновые процессы в линии передачи без потерь. Фазовая скорость. Волновое сопротивление. Линия с малыми потерями. Неискажающая линия. Мощность, переносимая бегущей волной. Нагруженная линия передачи. Коэффициент отражения. Интерференция падающей и отраженной волн. Согласование линий. Аналог закона Ома для длинных линий. Распространение волн в идеальных линиях и в линиях с потерями, коэффициент затухания и фазовая постоянная. Неискажающая линия. Длинные линии для передачи сигналов различной частоты. Электрические и диэлектрические волноводы.

3. Измерения давления

Процессы переноса при различных давлениях и температурах: диффузия, эффузия (температурная транспирация), вязкость, теплопроводность. Физические границы низкого, высокого и сверхвысокого вакуума. Проводимость элементов вакуумных систем. Основное уравнение вакуумной техники. Различные режимы течения газа. Методы получения вакуума. Классификация

вакуумных насосов по принципу их действия. Измерение давления в вакуумных системах. Механические, тепловые и ионизационные манометры, принципы их действия. Физические ограничения диапазонов применимости различных манометров. Течи в вакуумной системе. Влияние натекания на скорость откачки и предельный вакуум. Методы обнаружения течей. Стационарные и импульсные методы получения высоких давлений. Методы измерения высоких давлений. Механические и пьезоэлектрические датчики давления.

4. Измерения температуры

Температура равновесных систем. Распределения Больцмана и Максвелла. Неравновесные системы. Частичное термодинамическое равновесие. Контактные и бесконтактные методы измерения температуры. Измерение температуры контактными механическими и электрическими методами. Термоэлектрические преобразователи; принципы их действия, рабочий диапазон.

5. Измерения и генерация потоков излучения

Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Яркостная, цветовая и радиационная пирометрия. Источники излучения в различных спектральных диапазонах. Примеры источников равновесного и неравновесного излучения. Основные характеристики приемников излучения. Физические принципы, лежащие в основе действия тепловых, фотонных, фотохимических и пондермоторных детекторов излучения. Законы внешнего фотоэффекта. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта. Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта. Фотопроводимость; роль примесей. Шумы и порог чувствительности фоторезисторов. Квантовый выход. Принцип действия фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), коэффициент усиления. Шумы и порог чувствительности ФЭУ. Темновой ток ФЭУ, термоэлектронная эмиссия, закон Ричардсона. ФЭУ с непрерывным динодом. Электронно-оптические преобразователи. Приемники излучения для различных спектральных диапазонов.

6. Масс - спектроскопия

Метод масс-спектрального анализа. Методы ионизации. Мягкие и жесткие методы ионизации. Методы ионизации исследуемых образцов газов и твердых тел: ионизация электронным ударом, химическая ионизация, фотоионизация, полевая ионизация, полевая десорбция, бомбардировка быстрыми атомами, матричная лазерная ионизация десорбцией (MALDI), электроспрей. Методы ионизации при исследовании биологических молекул. Детекторы ионов: цилиндр Фарадея, вторичный электронный умножитель, многоканальный усилитель. Масс-фильтры. Масс-анализаторы: принципы действия, разрешающая способность. Секторный магнитный масс-анализатор, квадрупольный масс-анализатор. Времяпролетный масс-анализатор. Радиочастотный масс-анализатор. Омегатронный масс-спектрометр, масс-спектрометр ионно-циклотронного резонанса с преобразованием Фурье. Преимущества и недостатки различных масс-анализаторов. Аналитические возможности масс-спектрометрии. Молекулярные, осколочные и метастабильные ионы. Определение потенциалов ионизации, энергий диссоциации молекул. Комбинации масс-спектрометра с жидкостным и газовым хроматографами. Примеры использования масс-спектрометрии. Изучение кинетики образования и рекомбинации радикалов и осколочных ионов. Применение для разделения смесей изотопов. Тандемная масс-спектрометрия.

7. Хроматография

Хроматографический метод анализа смеси веществ. Физическая и химическая адсорбция. Адсорбционно-десорбционное равновесие. Изотермы адсорбции. Изотерма Ленгмюра. Деформация изотермы Ленгмюра в случае реального распределения по энергиям активации. Кинетика адсорбции-десорбции в потоке газа-носителя. Концепция теоретических тарелок. Закон распределения Нернста. Ширина и форма хроматографического пика. Разрешающая способность хроматографической колонки. Принципиальное устройство и схема работы хроматографа. "Мертвое" время и время удерживания. Набивные и капиллярные хроматографические колонки, их параметры. Оптимальные размеры и разрешение хроматографической колонки. Детекторы. Зависимость времени удерживания от температуры.

8. Магнитная радиоспектроскопия

Магнитные моменты электрона, ядер и атомов. ЯМР-активные ядра. Спин в постоянном магнитном поле. Магнитный момент и ларморова прецессия. Поглощение энергии ВЧ-поля системой

ядерных спинов. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Химический сдвиг: константа экранирования, единицы измерения, эквивалентные ядра. Спин-спиновое взаимодействие, спектры первого порядка, простые правила интерпретации сверхтонкой структуры. Применение метода ЯМР для изучения структуры молекул. Обменные явления: медленный и быстрый обмен. Принципиальная схема ЯМР-спектрометра. Требования к однородности постоянного магнитного поля; способы минимизации аппаратного уширения линий. Интенсивность и ширина линий спектра ЯМР. Продольная (спин-решеточная) и поперечная (спин-спиновая) релаксация. Основы динамических методов ЯМР: 90о- и 180о- импульсы, Фурье-ЯМР спектроскопия.

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса. Сверхтонкая структура спектра ЭПР. Структурные и динамические характеристики вещества, определяемые методами ЭПР. Принципиальная схема ЭПР-спектрометра. Особенности регистрации сигналов ЭПР: волноводы и резонаторы, низкочастотная модуляция поляризуемого магнитного поля, запись спектров в виде производной. Сопоставление частотных диапазонов ЭПР и ЯМР.

9. Оптическая спектроскопия

Классы спектральных приборов: спектрометры, спектрографы, монохроматоры, полихроматоры. Диспергирующие элементы спектральных приборов: призма, дифракционная решетка, интерферометр. Разрешающая способность диспергирующих элементов. Прохождение света через поглощающую среду. Сечение поглощения, молярный коэффициент экстинкции. Закон Ламберта-Бугера-Бэра. Спектры поглощения, испускания и рассеяния. Люминесценция и флуоресценция. Радиационное время жизни и истинное время жизни возбужденного состояния. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Правила отбора, дипольное излучение. Интенсивность спектральных линий. Форма и ширина спектральной линии. Естественное, доплеровское и столкновительное уширение спектральных линий. Аппаратная ширина линии.

Линейная лазерная спектроскопия. Когерентное оптическое усиление в активной среде. Пороговая инверсная заселенность уровней. Модовый состав лазерного излучения. Перестройка частоты лазерного излучения. Газовые, твердотельные, жидкостные лазеры. Генерация коротких импульсов: методы модуляции добротности и самосинхронизации мод. Преимущества применения лазеров в качестве источников возбуждения спектра. Абсорбционный, внутрирезонаторный, оптико-акустический и флуоресцентный методы лазерной спектроскопии.

Спектральные диапазоны и соответствующие им степени свободы в молекулярных системах. Вращательные спектры и микроволновая спектроскопия. Модель жесткого ротатора. Колебательные спектры и инфракрасная спектроскопия. Гармонический и ангармонический осцилляторы. Колебания многоатомных молекул. Колебательно-вращательные переходы в двухатомной молекуле. Электронные переходы и спектроскопия в видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Интенсивность электронно-колебательных спектров: принцип Франка-Кондона. Диссоциационный предел спектра. Определение энергии диссоциации. Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Спектральные методы измерения температуры различных степеней свободы (электронная, поступательная, колебательная, вращательная температуры) в неравновесных системах.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Общие проблемы процесса измерения	2
2	3	Измерения давления	2
3	4	Измерения температуры	2
4	5	Измерения и генерация потоков излучения	2
5	7	Хроматография	2
6	9	Оптическая спектроскопия	2
		Итого:	12

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

5.1 Основная литература

1. Трофимова, Т. И. Курс физики [Текст] : учебное пособие для инженерно-технических специальностей высших учебных заведений / Т. И. Трофимова.- 20-е изд., стер. - Москва : Академия, 2014. - 560 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Предм. указ.: с. 537-549. - ISBN 978-5-4468-0627-0. Указывается основной учебник по данной дисциплине (модулю) или комплект основных учебников.
2. Каныгина, О. Н. Физические методы исследования веществ [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия и направлению подготовки 011200.62 Физика / О. Н. Каныгина, А. Г. Четверикова, В. Л. Бердинский; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. общ. физики. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: Kb). - Оренбург : ОГУ, 2014. - Adobe Acrobat Reader 6.0. Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/6596_20141204.pdf

5.2 Дополнительная литература

1. Головнин В. А. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов [Электронный ресурс] / Головнин В. А., Каплунов И. А., Малышкина О. В., Педько Б. Б., Мовчигова А. А. - Техносфера, 2013. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=233464
2. Клаассен, К. Основы измерений. Датчики и электронные приборы [Текст] : учеб. пособие / К. Клаассен; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина.- 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 352 с. : ил. - Предм. указ.: с. 336-344. - Библиогр.: с. 345-346. - ISBN 978-5-91559-001-3.
3. Волосов, С. С. Основы автоматизации измерений [Текст] / С. С. Волосов, Б. Н. Марков, Е. И. Педь . - М. : Изд-во стандартов, 1974. - 368 с. : ил.. - Библиогр.: с. 364.
4. Афанасьев, А. А. Физические основы измерений [Текст] : учеб. для вузов / А. А. Афанасьев, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе. - М. : Академия, 2010. - 240 с. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 235-236. - ISBN 978-5-7695-5999-0.

5.3 Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики.
2. Успехи физических наук. Журнал. МАИК. Наука.
3. Журнал технической физики. МАИК. Наука.
4. Журнал Физика твердого тела.

5.4 Интернет-ресурсы

- <https://openedu.ru/course/> - «Открытое образование», Каталог курсов, MOOK: «Электродинамика»;
- <https://www.coursera.org/learn/python> - «Coursera», MOOK: «Programming for Everybody (Getting Started with Python)»;
- <https://universarium.org/catalog> - «Универсариум», Курсы, MOOK: «Дополнительная общеобразовательная программа по физике»;
- <https://www.lektorium.tv/mooc> - «Лекториум», MOOK: «Небесная механика»
- Электронная библиотека Российской государственной библиотеки (РГБ) - <http://elibrary.rsl.ru/>.
- Электронная библиотека IQlib (образовательные издания, электронные учебники, справочные и учебные пособия) - <http://www.iqlib.ru/>.
- Электронная библиотека Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (методическая и учебная литература, создаваемая в электронном виде авторами СПбГТУ по профилю образовательной и научной деятельности университета) - <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/resources/elib/>.
- Научная библиотека МГУ имени М.В. Ломоносова - <http://nbmgu.ru/>.
- Электронные учебники и журналы по физике <http://e.lanbook.com>.
- Книги для студентов и аспирантов - <http://abitur.su/studentov>.
- Электронные учебные пособия - <http://www.intuit.ru/>.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

- Операционная система Windows
- Интегрированный пакет Microsoft Office
- Архиватор 7 ZIP

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

К рабочей программе прилагаются:

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.