

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1159935	Методы экспериментальных исследований

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Физика	<b>Код ОП</b> 1. 03.04.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Физика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 03.04.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бабушкин Алексей Николаевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
2	Каверин Алексей Михайлович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Методы экспериментальных исследований

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входят курсы «Свойства веществ при экстремальных условиях» и «Экспериментальные методы в физике». Курс «Свойства веществ при экстремальных условиях» дает современное представление о свойствах веществ при низких температурах и высоких давлениях. Даются представления об особенностях энергетического спектра электронов и фононов в металлах и диэлектриках. Рассматриваются эффекты, наиболее ярко проявляющиеся при низких температурах и высоких давлениях, свойства атомарных и молекулярных криогенных кристаллов, квантовых кристаллов. Курс «Экспериментальные методы в физике» дает базовые знания, необходимые для подготовки и проведения экспериментов в областях физики. Основными разделами дисциплины являются: необходимые сведения из метрологии (введение), термометрия, измерение давления и вакуума, электроизмерительная техника, определение веса, массы, плотности, калориметрия, акустические измерения, составление уравнений состояния, определение поверхностных свойств, исследования свойств веществ в экстремальных и метастабильных состояниях.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Свойства веществ при экстремальных условиях	3
2	Экспериментальные методы в физике	3
ИТОГО по модулю:		6

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

Свойства веществ при экстремальных условиях	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p>
	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p>
	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p>
	ПК-2 - Способен применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований	<p>З-2 - Демонстрировать понимание методов и средств планирования и организации исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обобщать результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</p>

		<p>П-1 - Анализировать и систематизировать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений</p>
<p>Экспериментальные методы в физике</p>	<p>ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p>
	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p>

	<p>профессиональной области</p>	<p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
	<p>ПК-2 - Способен применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание научных проблем по тематике проводимых исследований и разработок</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание методов и средств планирования и организации исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обобщать результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</p> <p>П-1 - Анализировать и систематизировать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Свойства веществ при экстремальных**  
**условиях**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бабушкин Алексей Николаевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Естественных наук и математики

Протокол № 3 от 17.03.2022 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Бабушкин Алексей Николаевич, Профессор, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем**

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Физические свойства диэлектриков при низких температурах	Модель кристаллической решетки Эйнштейна. Спектральная функция фононных частот. Температура Эйнштейна. Модель кристаллической решетки Дебая. Температура Дебая. Квантовая теория теплоемкости кристаллов. Понятие «высокие» и «низкие температуры». Понятие «высокие» и «низкие» давления.
P2	Ангармонические эффекты в кристаллах	Уравнение состояния кристалла. Параметры состояния. Тепловое расширение. Параметр Грюнейзена. Температурная зависимость коэффициента линейного расширения.
P3	Элементы кинетики и термодинамики газа фононов при низких температурах	Возможность введения понятия фонона в искаженном кристалле. Возможность локализации фонона в макроскопическом объеме кристалла. Условия локализации. Экспериментальные методы наблюдения фокусировки фононов при низких температурах. Кинетическое уравнение Больцмана для газа фононов. Приближение времени релаксации. Нормальные процессы и процессы переброса. Фононный газ в идеальном диэлектрике. Баллистический режим движения фононов. Возможность существования в газе фононов стационарных токовых состояний. Условия их возникновения. Влияние процессов переброса на движение фононов в идеальной решетке. Второй звук, условия его возникновения. Теплопроводность диэлектриков.

		Температурная зависимость теплопроводности. Влияние давления на фононные частоты кристалла.
<b>P4</b>	Атомарные и молекулярные криогенные кристаллы	Наведенное диполь-дипольное взаимодействие. Потенциал Леннард-Джонса для атомарных криокисталлов. Уравнение соответственных состояний. Структура и физические свойства атомарных криокисталлов. Классические молекулярные криокисталлы. Ориентационное плавление молекулярных криокисталлов. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Теплоемкость молекулярных криокисталлов. Вклад в теплоемкость молекулярных криокисталлов фоонов, либрационного движения молекул и внутримолекулярных возбуждений.
<b>P5</b>	Квантовые кристаллы	Условие устойчивости кристаллического состояния. Параметр де Бура. Квантовая диффузия. Вакансионны. Примесоны.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Свойства веществ при экстремальных условиях

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Гуртов, В. А.; Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие.; Техносфера, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466> (Электронное издание)
2. Гуртов, В. А., Алешина, Л. А.; Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие.; Техносфера, Москва; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/26903.html> (Электронное издание)
3. Ашкрофт, Н., Н.; Физика твердого тела; Мир, Москва; 1979; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483336> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Гуртов, В. А., Осауленко, Р. Н., Алешина, Л. А.; Физика твердого тела для инженеров : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 210101 "Физ. электроника"; Техносфера, Москва; 2007 (3 экз.)
2. Ашкрофт, Н.; Физика твердого тела: В 2 т. Т. 1. ; Мир, Москва; 1979 (33 экз.)
3. Ашкрофт, Н., Кугель, К. И., Михайлов, А. С., Каганов, М. И.; Физика твердого тела: В 2 т. Т. 2. ; Мир, Москва; 1979 (33 экз.)
4. Бабушкин, А. Н.; Введение в структурный анализ: основные представления о методах исследования структуры конденсированных сред : Учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. гос. ун-та, Екатеринбург; 2002 (58 экз.)
5. Павлов, П. В., Хохлов, А. Ф.; Физика твердого тела : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов

электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы"; Высшая школа, Москва; 2000 (47 экз.)

6. Брандт, Н. Б.; Электроны и фононы в металлах : Учеб. пособие.; Изд-во Моск. ун-та, Москва; 1990 (13 экз.)

7. Блейкмор, Д., Андрианов, Д. Г., Фистуль, В. И.; Физика твердого тела : Пер. с англ.; Мир, Москва; 1988 (16 экз.)

8. Жданов, Г. С., Хунджуа, А. Г.; Лекции по физике твердого тела: Принципы строения, реальная структура, фазовые превращения; МГУ, Москва; 1988 (23 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Открытая база данных по кристаллографии. <http://www.crystallography.net/>
2. Российский фонд фундаментальных исследований РФФИ <https://www.rfbr.ru/>
3. American Institute of Physics. <http://scitation.aip.org/>
4. American Physical Society. <https://journals.aps.org/about>
5. Applied Science & Technology Source EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com>
6. INSPEC EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com/>
7. Institute of Physics (IOP). <http://iopscience.iop.org/>
8. Электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>
9. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
10. Зональная научная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Свойства веществ при экстремальных условиях**

### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
3	Курсовая работа/ курсовой проект	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

		Подключение к сети Интернет	
--	--	-----------------------------	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Экспериментальные методы в физике**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Каверин Алексей Михайлович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики**

Протокол № 3 от 17.03.2022 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Каверин Алексей Михайлович, Доцент, Департамент фундаментальной и прикладной физики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Необходимые сведения из метрологии	Общие сведения об измерениях. Понятие о физических величинах и их измерениях. Средства измерения: мера, прибор, преобразователь, принадлежности, установка, система. Понятие метода измерения. Нормирование метрологических характеристик средств измерений. Класс точности измерительного прибора (основной случай). Понятие об абсолютных и относительных измерениях, измерения в шкале прибора. Точность отсчета измеряемой величины по прибору.
P2	Температурные и прецизионные электрические измерения	Температура как физическая величина. Температурные шкалы. Термопары. Нормальный термоэлектрод, термоэлектрические материалы и требования к ним. Классификация и типы термопар.

		<p>Устройство и конструктивные формы термопар (простейшая, лабораторная, дифференциальная, термобатарей).</p> <p>Изготовление и изоляция спаев, термоэлектродов, и подводящих проводов.</p> <p>Измерение термоэдс.</p> <p>Измерение термоэдс милливольтметром.</p> <p>Компенсационный метод измерения термоэдс.</p> <p>Чувствительность потенциометров.</p> <p>Устройство и типы потенциометров.</p> <p>Термометры сопротивления.</p> <p>Материалы для термометров сопротивления и требования к ним.</p> <p>Устройство термометров сопротивления. Подводящие провода, защитная арматура.</p> <p>Типы термометров сопротивления, их достоинства и недостатки.</p> <p>Методы измерения сопротивления.</p> <p>Потенциометрический.</p> <p>Мостовые: уравновешенный мост, неуравновешенный мост, мост с переходным контактом в диагонали, трехпроводная схема подключения термометра сопротивления.</p> <p>Чувствительность мостовых схем.</p> <p>Полупроводниковые термометры сопротивления. Материалы, устройство, типы, преимущества и недостатки, области использования.</p>
<p><b>РЗ</b></p>	<p>Измерения давления и вакуума</p>	<p>Давление как физическая величина. Единицы измерения давления.</p> <p>Классификация средств измерения давления.</p> <p>Жидкостные манометры.</p> <p>Пружинные манометры.</p> <p>Манометры с трубчатой пружиной. Принцип действия, устройство, типы, порядок работы, погрешности и поправки.</p> <p>Геликоидальные, мембранные и сильфонные манометры.</p> <p>Поршневые манометры. Принцип действия, устройство, порядок работы, поправки к показаниям.</p> <p>Электрические и цифровые манометры (пьезоэлектрические, сопротивления, емкостные).</p> <p>Измерения вакуума. Классификация вакуумметров.</p> <p>Жидкостные вакуумметры.</p>

		<p>Компрессионные вакуумметры. Принцип действия, устройство, порядок работы, два метода измерения давления, достоинства и недостатки.</p> <p>Деформационные вакуумметры.</p> <p>Тепловые вакуумметры.</p> <p>Вакуумметры сопротивления.</p> <p>Термопарные вакуумметры. Принцип действия, устройство, порядок работы.</p> <p>Ионизационные вакуумметры.</p> <p>Электронные ионизационные вакуумметры. Принцип действия, устройство, порядок работы.</p> <p>Ионизационно-термопарные вакуумметры.</p> <p>Магнитные электроразрядные вакуумметры.</p> <p>Радиоизотопные вакуумметры.</p>
<p><b>P4</b></p>	<p>Измерения веса и массы</p>	<p>Вес и масса как физические величины. Единицы измерения веса и массы.</p> <p>Весы и гири.</p> <p>Общее определение и возможные классификации.</p> <p>Лабораторные весы: аналитические, технические, специальные.</p> <p>Гири. Классификация и типы.</p> <p>Простое и точное взвешивание.</p> <p>Факторы, ограничивающие точность взвешивания: значение ускорения свободного падения, архимедова сила, инструментальные погрешности весов, дефекты и погрешности в гирях.</p> <p>Методы и способы взвешивания: непосредственной оценки, сравнения с мерой, противопоставления (прямое противопоставление и способ Гаусса), замещения (способ Бордо и способ Менделеева).</p>
<p><b>P5</b></p>	<p>Методы измерения плотности</p>	<p>Определение плотности твердых тел, жидкостей и газов в “обычных” условиях: гидростатическое взвешивание, пикнометры, объеммеры, ареометры, другие методы.</p> <p>Определение <math>p</math>-<math>\rho</math>-<math>T</math> зависимости жидкостей и газов. Исторически первые пьезометры Амага и Михельса. Метод перемещающегося поршня. Метод постоянного объема. Относительные методы.</p> <p>Современные прецизионные методики и установки. Установка МЭИ. Установка Байдакова. Установка NIST-NBS (США). Метод двух поплавков и установка Вагнера (Германия).</p>

<b>P6</b>	Калориметрия	<p>Определение выделившегося тепла. Калориметры с изотермической и адиабатической оболочками.</p> <p>Измерение теплоемкости <math>C_p</math> жидкостей и твердых тел. Метод непосредственного нагрева. Метод смешения. Лабораторные установки и промышленные приборы.</p> <p>Измерение теплоемкости <math>C_p</math> газов. Метод смешения. Метод постоянного протока.</p> <p>Изохорная теплоемкость жидкостей и газов. Особенности и трудности экспериментального определения <math>C_v</math>. Установка ВНИИФТРИ. Установка Амирханова.</p> <p>Импульсные методы измерения теплоемкости.</p> <p>Микрокалориметрия (определение теплоемкости малых образцов). Метод переменного тока. Метод постоянной времени. Метод сканирования.</p>
<b>P7</b>	Акустические измерения и методы исследования	<p>Краткий исторический обзор. Методы ультразвукового интерферометра и оптический.</p> <p>Импульсные методы измерения скорости ультразвука: метод прямого отсчета, стоячих волн, суперпозиции импульсов (оптического наложения), иммерсионный, кольцевой.</p> <p>Импульсные методы измерения поглощения ультразвука: метод сравнения, дифференциальный, самобалансирующего моста, многократных отражений.</p> <p>Другие методы акустических исследований.</p>
<b>P8</b>	Уравнения состояния однокомпонентных веществ и растворов	<p>Необходимые сведения из теории аппроксимации. Матричная формулировка метода наименьших квадратов. Анализ регрессий. Выбор оптимальной аппроксимирующей функции. Особенности реализации МНК - аппроксимации на различных ЭВМ и языках программирования.</p> <p>«Простые» уравнения состояния.</p> <p>Составление уравнения состояния по известным <math>p</math>-<math>V</math>-<math>T</math> и калорическим данным. Метод и уравнения Сычева. Методы Байдакова.</p> <p>Методы Леммона и др. Особенности составления уравнений состояния для растворов.</p>
<b>P9</b>	Поверхностное натяжение и другие свойства границы раздела фаз	<p>Методы измерения поверхностного натяжения: капиллярного поднятия, погруженной пластины, отрыва кольца, капиллярных волн. Краткий обзор других методов.</p> <p>Измерение краевого угла.</p> <p>Эллипсометрия.</p>

<b>P10</b>	Вещество в экстремальных и метастабильных состояниях	<p>Сверхвысокие давления и температуры. Широкодиапазонное уравнение состояния.</p> <p>Перегретая жидкость. Исследование кинетики зародышеобразования и определение границы достижимого перегрева однокомпонентных жидкостей и растворов. Методы всплывающих капелек, непрерывного нагрева, пузырьковой камеры, импульсный и другие.</p> <p>Пересыщенный пар. Исследование кинетики конденсации в камере Вильсона и потоках пара.</p> <p>Исследование спонтанной кристаллизации переохлажденных жидкостей.</p>
<b>P11</b>	Исследования по магистерским программам студентов (заслушивание студенческих докладов)	Выступления по тематике исследований.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Экспериментальные методы в физике

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Худсон, Д., Д., Лейкин, Е. М.; Статистика для физиков: лекции по теории вероятностей и элементарной статистике; Мир, Москва; 1970; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458335> (Электронное издание)
2. Голуб, О. В.; Стандартизация, метрология и сертификация : учебное пособие.; Сибирское университетское издательство, Новосибирск; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57452> (Электронное издание)
3. Голуб, , О. В.; Стандартизация, метрология и сертификация : учебное пособие.; Вузовское образование, Саратов; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/4151.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Кузнецов, В. А., Кузнецов, В. А.; Общая метрология; ИПК Изд-во стандартов, Москва; 2001 (13 экз.)
2. Худсон, Д., Лейкин, Е.; Статистика для физиков. Лекции по теории вероятностей и элементарной статистике : Пер. с англ.; Мир, Москва; 1970 (6 экз.)
3. Иванова, Г. М., Кузнецов, Н. Д., Чистяков, В. С.; Теплотехнические измерения и приборы : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Теплоэнергетика".; МЭИ, Москва; 2005

(59 экз.)

4. , Сеницын, Е. Н., Гулецкая, И. Ф., Янковская, О. П., Ивакин, В. Б., Михалевич, Л. А., Муратов, Г. Н.; Теплофизические свойства жидких фторорганических соединений. Экспериментальные данные и методы расчета : Справ.; Наука, Екатеринбург; 1995 (11 экз.)

5. Байдаков, В. Г.; Перегрев криогенных жидкостей; УрО РАН, Екатеринбург; 1995 (3 экз.)

6. , Малиновский, В. Н., Евланов, Ю. Н., Демидова-Панферова, Р. М.; Электрические измерения : Учеб. пособие для электротехн. специальностей вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (9 экз.)

7. Сергеев, А. Г., Терегеря, В. В.; Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальностям 200501 (190800), 200503 (072000), 220501 (340100), 200102 (190200), 653800, 657000, 220200 (550200), 200400 (552200.); Юрайт, Москва; 2010 (30 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. American Institute of Physics. <http://scitation.aip.org/>
2. American Physical Society. <https://journals.aps.org/about>
3. Applied Science & Technology Source EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com>
4. INSPEC EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com/>
5. Institute of Physics (IOP). <http://iopscience.iop.org/>
6. Российский фонд фундаментальных исследований РФФИ. <https://www.rfbr.ru/>
7. Электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>
8. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
9. Зональная научная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Экспериментальные методы в физике**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES