

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

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1142627	Физика газов, дисперсных и активированных сред

**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	Береснев Сергей Анатольевич	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды
2	Петров Владислав Павлович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
3	Черняк Владимир Григорьевич	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Физика газов, дисперсных и активированных сред

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входят курсы «Введение в динамику разреженного газа», «Физика активированных сред» и «Физика аэрозолей». Курс «Введение в динамику разреженного газа» излагает явления переноса в разреженных газах вблизи межфазных границ. В дисциплине излагаются вероятностно-статистическое описание состояния разреженного газа и переход к макроскопическому описанию; вывод и свойства уравнения Больцмана; постановка граничных условий для функции распределения и описание взаимодействия газа с поверхностью. Курс «Физика активированных сред» формирует представление об оптических и магнитных свойствах диэлектрических сред, содержащих ионы с d- и f- незаполненными оболочками, рассматриваются явления в лазерных средах, кристаллофосфорах, детекторах ионизирующих излучений, ап-конвекторах. Курс «Физика аэрозолей» формирует представление о широком круге физических явлений и закономерностей, сопутствующих образованию, эволюции и распаду аэродисперсных систем.

## 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	Физика аэрозолей	3
2	Введение в динамику разреженного газа	3
3	Физика активированных сред	3
ИТОГО по модулю:		9

## 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

Введение в динамику разреженного газа	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-1 - Демонстрировать понимание научных проблем по тематике проводимых исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обобщать результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</p>

		П-1 - Анализировать и систематизировать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений
Физика активированных сред	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	З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях  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
	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты	З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов  У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований
	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области  У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов  П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ
	ПК-2 - Способен применять методы и средства планирования, организации, проведения	З-1 - Демонстрировать понимание научных проблем по тематике проводимых исследований и разработок

	и внедрения научных исследований	<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>
Физика аэрозолей	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>

	<p>ПК-2 - Способен применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований</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**  
**Физика аэрозолей**

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	Береснев Сергей Анатольевич	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

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

Протокол № 1 от 18.01.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Береснев Сергей Анатольевич, Доцент, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

## 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 в физику аэрозолей	Предмет, цели и основные задачи курса. Аэрозольные частицы в атмосфере. Этапы развития физики аэрозолей.
P2	Общая характеристика и классификации аэродисперсных систем	Определения и классификации аэродисперсных систем. Морфологические свойства аэрозолей. Закономерности распределения частиц по размерам.
P3	Образование аэрозолей	Диспергационный и конденсационный способы образования аэрозолей – общая характеристика и принципиальные различия. Диспергирование (распыление) жидкостей. Диспергирование твердых тел. Гомогенная нуклеация в пересыщенном паре. Гетерогенная конденсация пара на ядрах конденсации.
P4	Процессы движения и эволюции аэродисперсных систем	Элементы механики аэрозолей. Испарение и конденсационный рост капель. Броуновское движение и диффузия частиц. Коагуляция аэрозолей.
P5	Электрические свойства аэрозолей	Механизмы электризации аэрозолей. Механизм диффузионной зарядки частиц. Зарядка частиц в электрическом поле (полевая зарядка). Электрофилтры.
P6	Оптические свойства аэрозолей	Основные оптические характеристики аэродисперсных систем. Взаимодействие электромагнитного излучения с частицей: теория Ми, ее основные результаты. Коллективные оптические

		свойства аэрозолей. Основы оптических методов анализа свойств аэрозолей.
<b>Р7</b>	Биологическое действие аэрозолей	Понятие о биоаэрозолях и их классификации. Источники частиц, оказывающих биологическое воздействие. Действие аэрозолей на дыхательную систему. Применение ингаляционных аэрозолей в медицине. Биологическое действие радиоактивных аэрозолей.
<b>Р8</b>	Роль аэрозолей в современных климатических изменениях	Модель аэрозольно-газовой атмосферы. Аэрозольное радиационное возмущающее воздействие. Аэрозольные геоинженерные проекты стабилизации современного климата.

### 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

### Физика аэрозолей

#### Электронные ресурсы (издания)

1. , Куценогий, К. П.; Аэрозоли Сибири; Сибирское отделение Российской академии наук, Новосибирск; 2006; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=97720> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Береснев, С. А.; Физика атмосферных аэрозолей : курс лекций.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2008 (100 экз.)

2. Швыдкий, В. С., Ладыгичев, М. Г., Швыдкий, Д. В.; Теоретические основы очистки газов : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Металлургия".; Теплотехник, Москва; 2004 (43 экз.)

3. Грин, Х., Фукс, Н. А.; Аэрозоли - пыли, дымы и туманы; Химия, Ленинград; 1969 (2 экз.)

4. Райст, П., Садовский, Б. Ф.; Аэрозоли. Введение в теорию; Мир, Москва; 1987 (2 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. URL: <http://lib.urfu.ru>
10. Береснев, Сергей Анатольевич. Учебно-методический комплекс дисциплины "Физика атмосферных аэрозолей" [Электронный ресурс] / С. А. Береснев, В. И. Грязин ; Федер. агентство по образованию, Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького, ИОНЦ "Экология и природопользование" [и др.]. — Электрон. дан. (19,3 Мб). — Екатеринбург : [б. и.], 2008. <http://hdl.handle.net/10995/1407>

### 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. URL: <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL: <http://www.gpntb.ru>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Физика аэрозолей

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

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость 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	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</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>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Введение в динамику разреженного газа**

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	Черняк Владимир Григорьевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

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

Протокол № 1 от 18.01.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Черняк Владимир Григорьевич, 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	Функция распределения для разреженного газа. Макроскопические величины и векторы потоков	Одночастичное фазовое пространство. Функция распределения. Средние величины однокомпонентного газа: числовая плотность, макроскопическая скорость, температура. Векторы потоков: тензор напряжений, давление, плотность теплового потока. Макроскопические величины и векторы потоков для газовых смесей. Среднечисловая и среднемассовая (гидродинамическая) скорости газовой смеси. Диффузионная скорость.
P2	Уравнение Больцмана и его свойства	Физический вывод уравнения Больцмана. Свойство симметрии интеграла столкновений. H-теорема для безграничного газа. Принцип детального равновесия. Функция распределения Максвелла.
P3	Граничные условия для функции распределения	Разрывный характер функции распределения в пространстве скоростей. Ядро рассеяния. Связь функций распределения налетающих и отраженных от граничной поверхности молекул. Свойства ядра рассеяния. Коэффициенты аккомодации импульса и энергии. Модели ядра рассеяния. H-теорема для ограниченного газа. Закон косинуса.
P4	Кнудсеновский слой	Число Кнудсена. Режимы движения газа. Слой Кнудсена. Вязкостное и тепловое скольжение. Температурный скачок.
P5	Решение прикладных задач динамики разреженного газа	Плоское течение Куэтта с учетом скольжения. Цилиндрическое течение Пуазейля. Термомолекулярная разность давлений.

### 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

### Введение в динамику разреженного газа

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Черчиньяни, К., К.; Математические методы в кинетической теории газов; Мир, Москва; 1973; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495505> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Черняк, В. Г.; Введение в кинетическую теорию разреженного газа : учебное пособие.; УрГУ, Свердловск; 1989 (51 экз.)
2. Силин, В. П.; Введение в кинетическую теорию газов : [монография].; URSS, Москва; 2013 (1 экз.)
3. Черчиньяни, К., Коган, М. Н., Галкин, В. С., Перепухов, В. А., Фридлиндер, О. Г.; Математические методы в кинетической теории газов; Мир, Москва; 1973 (3 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. URL: <http://lib.urfu.ru>
10. Черняк В.Г. Кинетика разреженного газа. Учебное пособие. Издательство «Лань», 2021. – 540 с. <https://e.lanbook.com/book/169198>

### 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. URL: <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL: <http://www.gpntb.ru>

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

### **Введение в динамику разреженного газа**

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

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
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	Практические занятия	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
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>

4	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>
5	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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физика активированных сред**

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	Петров Владислав Павлович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

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

Протокол № 1 от 18.01.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Петров Владислав Павлович, Доцент, 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	Введение	Кристаллы и стекла, активированные элементами переходных групп. Твердотельные лазеры, сцинтилляторы, детекторы излучений, преобразователи света и т.д.
P2	Структура кристаллов-матриц. Трансляционная симметрия. Зоны Бриллюэна	Примитивная и элементарная ячейки. Закон Бриллюэна. Пространственные группы.
P3	Электронная структура матриц	Методы расчета спектра кристалла (метод Хартри-Фока, метод функционала плотности). Ширина запрещенной зоны. Оптические кристаллы – матрицы со сложным типом химической связи. Стекла.
P4	Колебательные спектры кристаллов	Адиабатическое приближение. Малые колебания вблизи положения равновесия. Фундаментальные колебания. Экспериментальные методы исследования колебаний.
P5	Электронные спектры атомов с незаполненными f- и d-оболочками	Мультиплеты. Электрическое и обменное взаимодействие электронов незаполненных оболочек. Релятивистские взаимодействия.
P6	Примесные состояния f- и d-ионов в кристаллах и стеклах	Особенности формирования спектров для f-и d-ионов. Влияние примесных ионов на колебательный спектр кристалла. Локальные, щелевые и резонансные колебания.
P7	Электрон-фононное взаимодействие	Адиабатические потенциалы для вырожденных состояний. Вибронные состояния.

<b>P8</b>	Оптические спектры активированных сред	Правила отбора для оптических переходов. Переходы $d \rightarrow d$ , $f \rightarrow f$ , $d \rightarrow f$ . Бесфононная линия и фононные спутники. Ап-конверсия электронных возбуждений, квантовое расщепление.
<b>P9</b>	Обменное взаимодействие между ионами с незаполненными f- и d-оболочками	Магнитные структуры соединений переходных элементов. Спиновые волны. Мультиферроики.
<b>P10</b>	Прикладные аспекты использования активированных сред	Твердотельные лазеры, сцинтилляторы, преобразователи света.

### 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

### Физика активированных сред

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Абрагам, А., А., Скроцкий, Г. В., Альтшулер, С. А.; Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов : монография.; Мир, Москва; 1972; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483226> (Электронное издание)
2. Абрагам, А., А., Скроцкий, Г. В., Альтшулер, С. А.; Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов : монография.; Мир, Москва; 1973; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483223> (Электронное издание)
3. Карлов, Н. В.; Лекции по квантовой электронике; Наука, Москва; 1988; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45404> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Абрагам, А., Альтшулер, С. А., Скроцкий, Г. В.; Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов : пер. с англ. Т. 1. ; Мир, Москва; 1972 (15 экз.)
2. Абрагам, А., Альтшулер, С. А., Скроцкий, Г. В.; Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов : пер. с англ. Т. 2. ; Мир, Москва; 1973 (7 экз.)
3. Знаменский, Н. В., Малюкин, Ю. В.; Спектры и динамика оптических переходов редкоземельных ионов в кристаллах : [монография].; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2008 (3 экз.)
4. Карлов, Н. В.; Лекции по квантовой электронике : Учеб. пособие.; Наука, Москва; 1988 (12 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. URL: <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. URL: <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL: <http://www.gpntb.ru>

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

### **Физика активированных сред**

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

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
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	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</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>