

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
1156223	Математическое моделирование свойств сложных жидкостей

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Современные проблемы математики 2. Современные проблемы компьютерных наук	<b>Код ОП</b> 1. 01.04.01/33.01 2. 02.04.01/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Математика; 2. Математика и компьютерные науки	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 01.04.01; 2. 02.04.01

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	Иванов Алексей Олегович	д. ф.-м. н., профессор	профессор	кафедра теоретической и математической физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Математическое моделирование свойств сложных жидкостей

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входит одна дисциплина: «Математическое моделирование свойств сложных жидкостей». Цель дисциплины - научить студентов использовать современные методы математического моделирования свойств дипольных (магнитных) жидкостей, овладеть оптимизационными методами функционала свободной энергии для расчета и прогнозирования кластерообразования в дипольных жидкостях

## 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	Математическое моделирование свойств сложных жидкостей	3
ИТОГО по модулю:		3

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Математическое моделирование физико-химических процессов 2. Статистическая механика жидкостей

## 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
Математическое моделирование свойств сложных жидкостей	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные	З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов

	<p>реальные или модельные эксперименты</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>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<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>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
	<p>ПК-3 - Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники</p>	<p>З-3 - Различать основные подходы к анализу и обобщению результатов теоретических и экспериментальных исследований</p>

<p><b>(Современные проблемы компьютерных наук)</b></p>	
<p>ПК-3 - Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники</p> <p><b>(Современные проблемы компьютерных наук)</b></p>	<p>З-3 - Различать основные подходы к анализу и обобщению результатов теоретических и экспериментальных исследований</p>
<p>ПК-3 - Способен проводить научные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности</p> <p><b>(Современные проблемы математики)</b></p>	<p>З-3 - Различать основные подходы к анализу и обобщению результатов теоретических и экспериментальных исследований</p>
<p>ПК-5 - Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий</p> <p><b>(Современные проблемы компьютерных наук)</b></p>	<p>У-1 - Осуществлять разработку математической модели исследуемого процесса, явления или объекта</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт самостоятельной исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении</p>
<p>ПК-5 - Способен разрабатывать непротиворечивые и полные модели в конкретной области профессиональной деятельности,</p>	<p>У-1 - Осуществлять разработку математической модели исследуемого процесса, явления или объекта</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт самостоятельной исследовательской деятельности, требующей широкого</p>

	формулировать цели, задачи их исследования, выбирать обоснованные методы их анализа и изучения  (Современные проблемы математики)	образования в соответствующем направлении
--	---	---

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Математическое моделирование свойств**  
**сложных жидкостей**

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	Иванов Алексей Олегович	д. ф.-м. н., профессор	профессор	кафедра теоретической и математической физики

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

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Иванов Алексей Олегович, профессор, кафедры теоретической и математической 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
1	Основные свойства дипольных (магнитных) жидкостей	Магнитные жидкости: основные характеристики, магнитные свойства. Межчастичные взаимодействия: диполь-дипольное взаимодействие и зеемановское взаимодействие с внешним магнитным полем, стерическое взаимодействие защитных оболочек, ван-дер-ваальсово взаимодействие. Свободная энергия, статистическая сумма, конфигурационный интеграл.
2	Вириальное разложение	Лямбда-разложение конфигурационного интеграла. Понятие диаграммного ряда. Оценка топологических и комбинаторных свойств диаграмм. Суммирование диаграмм и кумулянтное разложение свободной энергии. Вириальный ряд и вириальные коэффициенты. Особенности дипольных жидкостей. Вириальное разложение в присутствии внешнего магнитного поля. Закон намагничивания Ланжевена и модель высокотемпературного приближения.
3	Метод корреляционных функций	Корреляционные функции. Метод возмущений для расчета диаграммного ряда. Одночастичная и парная корреляционные функции дипольной жидкости. Представление намагниченности через парную корреляционную функцию. Модифицированная теория среднего поля: намагниченность и восприимчивость. Анизотропия парной корреляционной функции магнитных жидкостей во внешнем поле.
4	Метод функционала свободной энергии	Проблемы расчета свободной энергии в системах кластеризующихся частиц. Применяющийся метод математического моделирования: функционал свободной

		<p>энергии. Построение функционала, оптимизация по выбранной функции. Пример дипольной жидкости, частицы которой образуют цепочечные агрегаты. Кластерный анализ в модели стержнеобразных и гибких цепочек. Начальная восприимчивость магнитной жидкости с цепочечными агрегатами. Кольцеобразные агрегаты. Низкотемпературный структурный переход «цепочки кольца». Низкотемпературный максимум восприимчивости.</p>
--	--	---

### 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

### Математическое моделирование свойств сложных жидкостей

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Балеску, Р., Р.; Равновесная и неравновесная статистическая механика : учебное пособие.; Мир, Москва; 1978; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495472> (Электронное издание)
2. Полуниин, В. М.; Акустические эффекты в магнитных жидкостях : монография.; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68407> (Электронное издание)
3. Полуниин, В. М.; Акустические свойства нанодисперсных магнитных жидкостей : монография.; Физматлит, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468383> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Вшивков, С. А.; Самоорганизация, фазовые переходы и свойства анизотропных сред в магнитном и механическом полях; Изд-во АМБ, Екатеринбург; 2011 (20 экз.)
2. Балеску, Р., Зубарев, Д. Н., Климонтович, Ю. Л.; Равновесная и неравновесная статистическая механика: В 2 т. Т. 1. ; Мир, Москва; 1978 (17 экз.)
3. Блум, Э. Я.; Магнитные жидкости; Зинатне, Рига; 1989 (1 экз.)

### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

#### 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

- <http://lib.urfu.ru> - Зональная научная библиотека ФГАОУ ВО УрФУ

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Математическое моделирование свойств сложных жидкостей

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	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome
2	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome
4	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome