

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
1156742	Математическое моделирование физико-химических процессов

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Современные проблемы математики	Код ОП 1. 01.04.01/33.01
Направление подготовки 1. Математика	Код направления и уровня подготовки 1. 01.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Пьянзина Елена Сергеевна	кандидат физ.- мат. наук	доцент	теоретической и математической физики

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Математическое моделирование физико-химических процессов

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входит четыре дисциплины «Механика жидкости и газа», «Тепломассоперенос», «Нелинейная динамика», «Методы компьютерного моделирования жидкостей». Цель курса «Механика жидкости и газа» – изучение студентами основ гидродинамики несжимаемых ньютоновских жидкостей и механики сжимаемых идеальных газов. Данная дисциплина направлена на получение студентами навыков и компетенций в области Механики Жидкости и Газа, умения применять полученные знания для описания природных и технологических явлений. Цель курса «Тепломассоперенос» – изучение математических моделей тепломассопереноса и ознакомление с аналитическими методами их решения. Обращается внимание на связь ряда результатов, полученных в курсе, с результатами, известными из предшествующих курсов и полученных там другими методами, а также на различие тех и других результатов. Курс «Нелинейная динамика» направлен на изложение основных понятий теории динамических систем, теории устойчивости и бифуркаций анализ основных нелинейных эффектов, таких как генерация регулярных и хаотических колебаний овладение современными методами анализа нелинейных динамических систем. В результате изучения данной дисциплины студенты должны ознакомиться с основными качественными явлениями, идеями и моделями нелинейной динамики, методами описания аттракторов, способами бифуркационного анализа, овладеть приемами и методами исследования нелинейных динамических процессов. Курс «Методы компьютерного моделирования жидкостей» направлен на изложение основных понятий компьютерного моделирования на примере моделирования физических систем. Данный курс предполагает обучение двум основным методам компьютерного моделирования метод молекулярной динамики и метод Монте Карло. В результате изучения данного курса студенты ознакомятся с основными методами проведения компьютерного моделирования, их преимуществами и недостатками, с основными взаимодействиями в рассматриваемых системах, способами получения данных компьютерных экспериментов.

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	Методы компьютерного моделирования жидкостей	2
2	Механика жидкости и газа	4
3	Нелинейная динамика	2
4	Тепломассоперенос	2
ИТОГО по модулю:		10

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
Методы компьютерного моделирования жидкостей	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> <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>
	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</p>

		<p>экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
	<p>ПК-5 - Способен разрабатывать непротиворечивые и полные модели в конкретной области профессиональной деятельности, формулировать цели, задачи их исследования, выбирать обоснованные методы их анализа и изучения</p>	<p>З-3 - Определять методики построения моделей исследуемых процессов, явлений и объектов</p> <p>У-4 - Определять оптимальные методы проведения компьютерных экспериментов и наблюдений</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт самостоятельной исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении</p>
	<p>ПК-6 - Способен анализировать и обосновывать адекватность математических моделей</p>	<p>З-3 - Идентифицировать современные методы визуализации данных</p>
<p>Механика жидкости и газа</p>	<p>УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание основных методов системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций</p> <p>У-2 - Обосновывать выбор стратегии для достижения поставленной цели, в том числе в цифровой среде, с учетом ограничений, рисков и моделируемых результатов</p> <p>У-3 - Анализировать проблемную ситуацию, выявлять и определять способы ее разрешения</p> <p>П-1 - Использовать эффективные стратегии действий для решения проблемной ситуации, в том числе в цифровой среде, с учетом оценки ограничений, рисков и моделируемых результатов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p>
	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p>

	<p>осуществлять сложные 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-6 - Способен анализировать и обосновывать адекватность математических моделей</p>	<p>З-2 - Определять методы решения задачи в конкретной области профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Обосновать оптимальный выбор метода решения задачи в конкретной области профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт интерпретации получаемых результатов моделирования</p>
<p>Нелинейная динамика</p>	<p>УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание основных методов системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций</p>

	<p>основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p>	<p>У-2 - Обосновывать выбор стратегии для достижения поставленной цели, в том числе в цифровой среде, с учетом ограничений, рисков и моделируемых результатов</p> <p>У-3 - Анализировать проблемную ситуацию, выявлять и определять способы ее разрешения</p> <p>П-1 - Использовать эффективные стратегии действий для решения проблемной ситуации, в том числе в цифровой среде, с учетом оценки ограничений, рисков и моделируемых результатов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</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>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</p>

		<p>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-5 - Способен разрабатывать непротиворечивые и полные модели в конкретной области профессиональной деятельности, формулировать цели, задачи их исследования, выбирать обоснованные методы их анализа и изучения</p>	<p>З-4 - Интерпретировать результаты анализа научно-технической информации</p> <p>У-2 - Применять методы и приемы формализации задач</p>
Тепломассоперенос	<p>УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</p>	<p>З-2 - Определять этапы разработки стратегии действий, в том числе в цифровой среде, и методы решения проблемных ситуаций</p> <p>У-2 - Обосновывать выбор стратегии для достижения поставленной цели, в том числе в цифровой среде, с учетом ограничений, рисков и моделируемых результатов</p> <p>У-3 - Анализировать проблемную ситуацию, выявлять и определять способы ее разрешения</p> <p>П-1 - Использовать эффективные стратегии действий для решения проблемной ситуации, в том числе в цифровой среде, с учетом оценки ограничений, рисков и моделируемых результатов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</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</p>

		<p>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>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-5 - Способен разрабатывать непротиворечивые и полные модели в конкретной области профессиональной деятельности, формулировать цели, задачи их исследования, выбирать обоснованные методы их анализа и изучения</p>	<p>З-4 - Интерпретировать результаты анализа научно-технической информации</p> <p>У-2 - Применять методы и приемы формализации задач</p> <p>П-1 - Составлять формализованное описание поставленных задач</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы компьютерного моделирования
жидкостей

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Добросердова Алла Борисовна	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	теоретической и математической физики
2	Новак Екатерина Владимировна	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	теоретической и математической физики
3	Пьянзина Елена Сергеевна	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра теоретической и математической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 4 от 17.04.2020 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Добросердова Алла Борисовна, Доцент, теоретической и математической физики
- Новак Екатерина Владимировна, Доцент, теоретической и математической физики
- Пьянзина Елена Сергеевна, Доцент, Кафедра 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
КР/Т-01	Введение в компьютерное моделирование	Что такое компьютерное моделирование. Зачем применяться компьютерное моделирование. Основные методы компьютерного моделирования
КР/Т-02	Метод молекулярной динамики	Основные потенциалы взаимодействий. Использование периодических граничных условий. Уравнения движения, уравнения Ланжевена. Алгоритм Верле. Скоростной алгоритм Верле. Радиальная функция распределения.
КР/Т-03	Метод Монте-Карло	Алгоритм Метрополиса

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы компьютерного моделирования жидкостей

Электронные ресурсы (издания)

1. Боев, В. Д.; Компьютерное моделирование : курс.; Интернет-Университет Информационных Технологий, Москва; 2010; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233705> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ибрагимов, И. М.; Основы компьютерного моделирования наносистем : учебное пособие [для вузов].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2010 (4 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. DaanFrenkelandBerendSmit."Understanding Molecular Simulation" (Second Edition). Academic Press, San Diego, 2002. eBook ISBN:9780080519982, Hardcover ISBN: 9780122673511.

<https://www.elsevier.com/books/understanding-molecular-simulation/frenkel/978-0-12-267351-1>

Избранные главы.

<http://ezproxy.urfu.ru:2055/search?authors>

2. Phillpot, S. (1998). Library - The Art of Molecular Dynamics Simulation, Rapaport D.C., (Cambridge University Press, New York, 1997), ISBN0-521-44561-2, ISBN0-521-59942-3. MRS Bulletin, 23(7), 71-71. doi:10.1017/S0883769400029201

<https://ezproxy.urfu.ru:4262/10.1017/S0883769400029201>

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://www.edu.ru/> - Федеральный портал. Российское образование.

10

<http://study.urfu.ru> –портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ

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

<http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2320>- Списки рекомендованной литературыот ЗНБ

<http://biblioclub.ru> - портал-библиотека электронных книг

<http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=81> - заказ литературы из электронного каталога

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы компьютерного моделирования 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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	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 Свободное ПО: Mozilla Firefox, операционная система Linux. Программная среда ESPResSo. Программа VMD
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 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Свободное ПО: Mozilla Firefox, операционная система Linux. Программная среда ESPResSo. Программа VMD
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Свободное ПО: Mozilla Firefox, операционная система Linux. Программная среда ESPResSo. Программа VMD
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Свободное ПО: Mozilla Firefox, операционная система Linux. Программная среда ESPResSo. Программа VMD

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Механика жидкости и газа

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Зубарев Андрей Юрьевич	доктор физико-математических наук, профессор	главный научный сотрудник	теоретической и математической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 4 от 17.04.2020 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Зубарев Андрей Юрьевич, главный научный сотрудник, 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
КР/Т-01	Предмет, методы и основные приближения механики сплошных сред.	Приближение сплошной среды; лагранжево и эйлерово описание движения сплошной среды; уравнение неразрывности и несжимаемости.
КР/Т-02	Предмет и основные уравнения гидродинамики.	Предмет гидродинамики; уравнение движения жидкости; приближение идеальной жидкости, уравнение Эйлера; уравнения состояния вещества; граничные условия в теории идеальной жидкости; задачи гидростатики идеального газа и несжимаемой жидкости; закон Архимеда.
КР/Т-03	Гидродинамика идеальной жидкости	Теоремы Бернулли, Томсона, Эйлера. Применение этих теорем для решения задач стационарного течения идеальной жидкости. Парадокс Даламбера – Эйлера. Теорема Коши-Лагранжа. Присоединенная масса. Гравитационные волны в идеальной жидкости
КР/Т-04	Уравнения гидродинамики вязкой ньютоновской жидкости	Природа сил вязкости в газе и в жидкости. Тензор вязких напряжений, его смысл и явное выражение в приближении ньютоновской жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Граничные условия в гидродинамике вязкой жидкости. Плоские стационарные течения Куэтта и Пуазейля; течение вязкой жидкости по наклонной поверхности; течение Куэтта между

		двумя соосными цилиндрами; течение Пуазейля в цилиндрической трубе; сдвиговые волны в вязкой жидкости.
КР/Т-05	Приближение малых и больших чисел Рейнольдса	Число Рейнольдса, его смысл. Приближение малых чисел Рейнольдса. Область применимости этого приближения. Задача Стокса о взаимодействии твердой частицы с однородным потоком жидкости. Формула Эйнштейна для эффективной вязкости суспензий. Большие числа Рейнольдса. Приближение вязкого пограничного слоя. Пограничный слой на полубесконечной пластине
КР/Т-06	Звуковые волны	Уравнения линейной акустики. Плоские звуковые волны, фазовая и групповая скорости. Законы Доплера. Распространение звука через границу раздела двух сред.
КР/Т-07	Основы теории турбулентности	Экспериментальные сведения об особенностях турбулентного течения. Уравнения Рейнольдса, проблема их замыкания. Модели турбулентности, основанные на соображениях размерности. Модель Колмогорова-Обухова; теория логарифмического слоя. Турбулентный пограничный слой. Турбулентное течение в трубах. Затопленная турбулентная струя.
КР/Т-08	Основы теории теплопереноса	Плотности потоков примеси и тепла. Формула Эйнштейна для коэффициента диффузии броуновской частицы. Уравнения переноса примеси и тепла. Граничные условия к задачам тепло-массопереноса. Число Пекле. Примеры решения задач тепло-массопереноса при больших и малых числах Пекле

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Механика жидкости и газа

Электронные ресурсы (издания)

- Александров, Д. В.; Введение в гидродинамику : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2012; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239521> (Электронное издание)
- Зубарев, А. Ю.; Континуальные модели процессов переноса в биофизике : учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2009; <http://hdl.handle.net/10995/30194> (Электронное издание)

3. Лойцянский, Л. Г.; Механика жидкости и газа; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, Ленинград; 1950; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256639> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : [Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов: В 10 т.]. Т. 6. Гидродинамика; Наука, Москва; 1986 (21 экз.)
2. Александров, Д. В.; Гидродинамика идеальной жидкости : Учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2003 (67 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

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://www.edu.ru/> - Федеральный портал. Российское образование.

<http://study.urfu.ru> – портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ

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

<http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2320> - Списки рекомендованной литературы от ЗНБ

<http://biblioclub.ru> - портал-библиотека электронных книг

<http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=81> - заказ литературы из электронного каталога

<http://ustu.antiplagiat.ru/index.aspx> - Пакет «Антиплагиат.ВУЗ»

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Механика жидкости и газа

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Свободное ПО: Mozilla Firefox

		<p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
2	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	Не требуется
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Свободное ПО: Mozilla Firefox</p>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Нелинейная динамика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Ряшко Лев Борисович	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	теоретической и математической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 4 от 17.04.2020 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Ряшко Лев Борисович, Профессор, 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
КР/Т-01	Дискретные динамические системы	Равновесия и циклы дискретных систем. Анализ устойчивости. Бифуркации удвоения периода. Порядок и хаос. Универсальность. Константы Фейгенбаума. Самоподобие.
КР/Т-02	Динамические системы с непрерывным временем	Стационарные и периодические режимы, их устойчивость. Бифуркация Хопфа. Элементы теории Флоке для изучения устойчивости автоколебаний. Структурная устойчивость и бифуркации. Регулярные и хаотические режимы в моделях естествознания.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Нелинейная динамика

Электронные ресурсы (издания)

1. , Емельянов, С. В.; Нелинейная динамика и управление; Физматлит, Москва; 2008; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82570> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Васин, В. В.; Элементы нелинейной динамики: от порядка к хаосу : Учеб. пособие по спецкурсу.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2003 (175 экз.)

2. Башкирцева, И. А.; Компьютерное моделирование популяционной динамики : [учеб. пособие для вузов].; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2009 (26 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Башкирцева И.А., Рязанова Т. В., Ряшко Л. Б. Компьютерное моделирование нелинейной динамики. Непрерывные модели: учебное пособие для студентов. Урал. федер. ун-т им. первого

Президента России Б. Н. Ельцина, Ин-т естеств. наук и математики .— Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017 .— 84 с. : ил. — Библиогр.: с. 81-82 .— ISBN 978-5-

7996-2046-2, 50 экз. <http://elar.urfu.ru/handle/10995/48962>

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://www.edu.ru/> - Федеральный портал. Российское образование.

<http://study.urfu.ru> –портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ

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

<http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2320> - Списки рекомендованной литературы от ЗНБ

<http://biblioclub.ru> - портал-библиотека электронных книг

<http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=81> - заказ литературы из электронного каталога

<http://ustu.antiplagiat.ru/index.aspx> - Пакет «Антиплагиат.ВУЗ»

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Нелинейная динамика

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	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 Свободное ПО: Mozilla Firefox
2	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Доска аудиторная	Не требуется
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Свободное ПО: Mozilla Firefox

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Тепломассоперенос

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Александров Дмитрий Валерьевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	теоретической и математической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 4 от 17.04.2020 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Александров Дмитрий Валерьевич, Профессор, 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
КР/Т-01	Общие принципы переноса тепла и массы.	Пределы применимости подхода механики сплошных сред. Уравнения переноса тепла и массы. Граничные условия 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода для уравнений тепломассопереноса. Начальные условия. Стационарные и нестационарные распределения температурного поля при граничных условиях 1-го, 2-го и 3-го рода.
КР/Т-02	Задача Стефана с плоским фронтом кристаллизации.	Температурная и термодиффузионная задача Стефана с плоским фронтом кристаллизации. Квазистационарное и автомодельное решения задачи Стефана с плоским фронтом кристаллизации. Модификации задачи Стефана с плоским фронтом кристаллизации.
КР/Т-03	Переохлаждение и неустойчивость.	Термическое и концентрационное переохлаждения. Динамическая и морфологическая неустойчивости плоского фронта кристаллизации. Формирование макроструктур твердой фазы в результате колебательной неустойчивости. Влияние нелинейности уравнений тепломассопереноса и гидродинамических течений жидкости на устойчивость межфазной границы.
КР/Т-04	Задача Стефана с областью фазового перехода.	Двухфазная зона концентрационного переохлаждения. Квазистационарное решение уравнений тепломассопереноса в двухфазной зоне. Методы приближенного решения нелинейных нестационарных задач тепломассопереноса при наличии движущихся границ фазового перехода: автомодельный режим затвердевания и режим затвердевания в

		сильно нестационарных условиях. Влияние турбулизации и конвективных течений в жидкой фазе на процесс кристаллизации с областью фазового перехода.
КР/Т-05	Задача Стефана с областью фазового перехода: нуклеация.	Кинетика роста зародышей в переохлажденной жидкой матрице системы. Частота нуклеации. Уравнения тепломассопереноса при учете нуклеации частиц твердой фазы. Приближенные методы решений уравнений тепломассопереноса в двухфазной зоне при учете процессов нуклеации.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тепломассоперенос

Электронные ресурсы (издания)

1. Эккерт, Э. Р., Фурманова, Э. М., Малявская, Г. Р., Шашкова, Л. Б., Лыков, А. В.; Теория тепло- и массообмена : монография.; Гос. энергетическое изд-во, Москва; 1962; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213876> (Электронное издание)
2. Терехов, В. И.; Тепломассоперенос и гидродинамика в газочапельных потоках : монография.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2008; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436050> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Телегин, А. С., Швыдкий, В. С., Ярошенко, Ю. Г.; Тепломассоперенос : Учеб. пособие для вузов.; Металлургия, Москва; 1995 (58 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Короткий, А.И. Моделирование прямых и обратных граничных задач для стационарных моделей тепломассопереноса: монография [Электронный ресурс] / А.И. Короткий, Ю.В.

Стародубцева. — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2015. — 168 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98337>

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://www.edu.ru/> - Федеральный портал. Российское образование.

<http://study.urfu.ru> –портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ

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

<http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2320> - Списки рекомендованной литературы от ЗНБ

<http://biblioclub.ru> - портал-библиотека электронных книг

<http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=81> - заказ литературы из электронного каталога

<http://ustu.antiplagiat.ru/index.aspx> - Пакет «Антиплагиат.ВУЗ»

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тепломассоперенос

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Свободное ПО: Mozilla Firefox
2	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Доска аудиторная	Не требуется

3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Доска аудиторная	Не требуется
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Свободное ПО: Mozilla Firefox