

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 17 » февраля 20\_\_ г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Основы микрофлюидики  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 01.04.02 Прикладная математика и информатика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Хемобиодинамика и биоинформатика  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Задачами освоения дисциплины являются: изучение студентами методов исследования теоретического исследования процессов тепло-массопереноса в МФС (микрофлюидных системах), описания гидродинамических процессов в МФС, методов их лабораторного исследования, а также приложения теории МФС к исследованию процессов в хемо-биологических системах.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- феноменологические уравнения микрофлюидики;
- движение пленок и капель под воздействием внешних сил.
- краевые условия задач микрофлюидики;
- конструкция микрофлюидных чипов;
- способы управления движением жидкости в малых масштабах;
- асимптотические методы в микрофлюидике;
- численные методы в микрофлюидике;
- разделение белков в МФС;

### 1.3. Входные требования

Кроме того, дисциплина опирается на такие дисциплины и разделы математики, как алгебра, анализ, тензорное исчисление, уравнения математической физики и др. При изучении данного курса используются различные разделы физики сплошных сред, теоретическая механика.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Ориентируется в классических результатах механики жидкости и биоинформатики;	Знает классические результаты и последние достижения в механике жидкости, физико-химической гидродинамике, геномике и биоинформатике;	Зачет
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Уметь выбрать и применять методы математического моделирования объектов и процессов;	Умеет обосновывать выбор и творчески применять современные методы математического моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики;	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	ориентируется в приемах разработки и анализа новых математических моделей задач, сформулированных на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики	Владеет навыками разработки и анализа новых математических моделей сложных систем и процессов для междисциплинарных задач, сформулированных на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики.	Контрольная работа
ПК-1.6	ИД-1ПК-1.6	Ориентируется в принципах планирования и методике проведения экспериментальных исследований в области м	Знает принципы планирования и методики проведения экспериментальных исследований в области как классической механики жидкости, так и её специальных современных разделов, включающих микрофлюидику и физико-химическую гидродинамику, нацеленных на решение научно- исследовательских и прикладных междисциплинарных задач; основные методы получения и обработки экспериментальных данных при проведении гидродинамических экспериментов в области как классической механики жидкости, так и её специальных разделов; основные критерии подобия и диапазоны их значений, используемых как в базовых, так и специальных разделах механики жидкости;	Доклад
ПК-1.6	ИД-2ПК-1.6	производит оценивание значений критериев подобия, используемых как в базовых так и специальных разделах механики жидкости; рассчитывать погрешности прямых и косвенных измерений	Умеет производить оценивание значений критериев подобия, используемых как в базовых так и специальных разделах механики жидкости; рассчитывать погрешности прямых и	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		значений физических полей; применять методы компьютерной обработки результатов экспериментов; анализировать полученные данные, сопоставляя их с данными других экспериментов и новыми теоретическими результатами, полученными в базовых и специальных разделах механики жидкости, нацеленных на решение научно-исследовательских и прикладных междисциплинарных задач;	косвенных измерений значений физических полей; применять методы компьютерной обработки результатов экспериментов; анализировать полученные данные, сопоставляя их с данными других экспериментов и новыми теоретическими результатами, полученными в базовых и специальных разделах механики жидкости, нацеленных на решение научно-исследовательских и прикладных междисциплинарных задач;	
ПК-1.6	ИД-3ПК-1.6	Умеет использовать научную аппаратуру для получения данных в ходе проведения экспериментов по базовым и специальным разделам механики жидкости	Владеет навыками использования как стандартной, так и специальной научной аппаратуры для получения с её помощью данных в ходе проведения экспериментов по базовым и специальным разделам механики жидкости, нацеленных на решение научно-исследовательских и прикладных междисциплинарных задач.	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	8	8	
- лабораторные работы (ЛР)	26	26	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Уравнения микрофлюидики	2	6	0	18
Общие уравнения гидродинамики, - уравнение неразрывности, переноса импульса, переноса энергии. Граничные условия на микромасштабах, микрослоях, микротрубках. Особенности экзотермических и эндотермических реакций в микромасштабах. Взаимное влияние гидродинамических течений и протекающих химических реакций. Обзор лабораторных методов исследования микрогидродинамических явлений.				
Динамика микрокапель и тонких струй	2	6	0	18
Методы генерации и исследования течений в микроканалах. Особенности моделирования микрокапельных процессом. Гидродинамические условия непротекания, прилипания и проскальзывания на стенке миклоканалы. Условия на поверхности раздела фаз: кинематическое и динамические условия.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Теоретическое и лабораторное, с помощью цифрового микроскопа, исследование механизмов микро смешения	2	6	0	18
Классификация основных механизмов неустойчивостей в случае несмешивающихся жидкостей в микроканалах. Влияние межфазной поверхности на динамику микрофлюидной системы. Особенности формирования неустойчивости в зависимости от реологических свойств наножидкости. Методы лабораторного наблюдения и исследования.				
Межфазные границы в электрическом и вибрационном полях	2	8	0	18
Капли и струи в электрическом и вибрационном полях. Конусы Тэйлора. Инжектирование микро- и наноструй. Движение пленок жидкости под действием внешних сил: ультразвука, вибраций, эффекты Марангони и электрических полей.				
ИТОГО по 3-му семестру	8	26	0	72
ИТОГО по дисциплине	8	26	0	72

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Визуальное наблюдение и описание микрофлюидных процессов в макро устройстве «Конвективная петля»
2	Исследование Кай-эффекта.
3	Исследование микро смешения с помощью Y- Junction чипа
4	Исследование продуктов микро смешения с помощью цифрового микроскопа
5	Исследование процесса генерации капель в микроканале с помощью 2R- Droplet чипа
6	Исследование распределения капель в микроканале с помощью цифрового микроскопа.

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Лабораторное исследование смешения биологических жидкостей в микрофлюидике
2	Моделирования смешения биологических жидкостей в микрофлюидике.
3	Лабораторное исследование условий на границах микроканала для различных видов реологии исследуемой жидкости.
4	Модели граничных условий на границах микроканала для различных видов реологии исследуемой жидкости.

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
5	Лабораторное исследование образования капель биологических жидкостей в микрофлюидике.
6	Математическое моделирование дробления капель биологических жидкостей в микрофлюидике.
7	Математическое моделирование объединения капель биологических жидкостей в микрофлюидике
8	Математическое моделирование процесса с генерацией тепла в микроканале для различных наборов реагирующих жидкостей.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Белоцерковский О. М. Численное моделирование в механике сплошных сред / О. М. Белоцерковский. - Москва: Наука, Физматлит, 1984.	14
2	Ильюшин А. А. Механика сплошной среды : учебник для вузов / А. А. Ильюшин. - Москва: Изд-во МГУ, 1990.	29
3	Колесниченко И. В. Введение в механику несжимаемой жидкости : учебное пособие / И. В. Колесниченко, А. Н. Шарифулин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2019.	5
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Гершуни Г. З. Устойчивость конвективных течений / Г. З. Гершуни, Е. М. Жуховицкий, А. А. Непомнящий. - Москва: Наука, 1989.	3
2	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности : учебник для вузов / В. И. Ролдугин. - Долгопрудный: Интеллект, 2008.	5
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа : научный журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1966 - .	1
2	Прикладная механика и техническая физика : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева; Институт теоретической и прикладной механики. - Новосибирск: СО РАН, 1960 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1973	<a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика (2-е издание). М.: Физматлит, 1959	<a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	<a href="https://www.elsevier.com/">https://www.elsevier.com/</a>
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Установка Educational Microfluidic Starter Kit с цифровым микроскопом и набором расходных материалов	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка "Конвективная петля"	1
Лабораторная работа	Лабораторная установка "Эффект Кайя" с комплектом рабочих жидкостей	1
Лабораторная работа	Установка Educational Microfluidic Starter Kit с цифровым микроскопом и набором расходных материалов	1
Лекция	Лекционная аудитория, оборудованная электронным проектором и экраном	1

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе