

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра общей физики

**Авторы-составители: Отрощенко Анатолий Анатольевич
Макарихин Игорь Юрьевич
Бабушкин Игорь Аркадьевич**

Рабочая программа дисциплины
МИКРОГИДРОДИНАМИКА
Код УМК 85812

Утверждено
Протокол №9
от «25» мая 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Микрогидродинамика

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Микрогидродинамика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)

ПК.1 Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Индикаторы

ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования

ПК.2 Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы

ПК.2.2 Осуществляет проведение теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, обработку и анализ полученных результатов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Микрогидродинамика. Первый триместр

Развитие и доступность технологий микроэлектроники привело к появлению аналитических систем на основе микрофлюидных устройств (МФУ), позволяющих осуществлять уникальные манипуляции с микроколичествами жидкой или газообразной пробы. Такие системы получили название «лаборатория на чипе» (lab on a chip).

Объединение всех стадий и этапов аналитического определения в одном компактном устройстве дает возможность проводить анализ пробы в микроформате с высокой чувствительностью, точностью и экспрессностью определения компонентов.

Теоретический раздел

Теоретический раздел курса охватывает две относительно самостоятельные области.

Первая область посвящена описанию миниатюрных аналитических лабораторных систем - микрофлюидных (микрожидкостных) устройств.

В этой части рассматриваются физические принципы действия, основные функциональные блоки, применяемые материалы и общие способы изготовления микрофлюидных устройств, а также основные сферы их применения. Здесь же обсуждается использование в конструкции микрофлюидных устройств наноразмерных элементов для расширения их функционала. Дается представление о промышленном производстве и основных направлениях коммерциализации микрофлюидных устройств.

Вторая область содержит сведения об особенностях течений жидкостей и газов в микроканалах.

Рассматриваются движения сплошной среды в условиях сравнимости длины свободного пробега молекул с характерными размерами каналов. Обсуждаются особенности процессов переноса в условиях микротечений. Дается представление о наногидродинамике, как разделе гидродинамики, посвященной течениям в каналах, имеющих наноразмеры или обладающих наноразмерными элементами.

Введение

В теме рассматривается история появления микрофлюидных устройств, основные преимущества и тенденции развития микрофлюидной техники. Перечисляются ключевые элементы микрожидкостных устройств, перспективные материалы и функциональные блоки для разработки и создания микрожидкостных устройств.

Микроаналитические системы и микрофлюидные устройства

В данной теме происходит знакомство с первоначальной базовой концепцией применения микрожидкостных устройств. Приводятся исторические примеры и схемы первых микрофлюидных устройств. Перечисляются особенности математических и физических моделей для описания движения жидкостей и газов в микрогидродинамике. Указываются типовые интерфейсы присоединения микрофлюидного устройства к внешним приборам, информационным каналам и компьютерной технике.

Микрофлюидная платформа. Классификация, состав, основные элементы микрофлюидных устройств

Рассматривается классификация, состав, основные элементы микрожидкостных устройств, перечисляются наиболее распространенные типы силового воздействия для манипуляций с жидкостями в устройстве. Подробно рассмотрены вопросы различных методов разделения частиц в жидких смесях, как один из часто встречающихся технологических и научно-исследовательских процессов. Изучаются системы управления потоками жидкости с наиболее распространенными схемами дозирования исследуемых веществ. Проводится сравнительный анализ разных схем. Рассматриваются ключевые методы смешения жидкостей в микроканалах.

Моделирование в микрофлюидике

Рассматриваются основные модели жидкости для условий микрогидродинамики и наногидродинамики. Перечисляются ключевые безразмерные критерии, определяющие течения в микрогидродинамике. Приводится краткий обзор численных методов, применяемых для расчетов течений жидкостей.

Материалы для микрофлюидных устройств

Рассматриваются все основные материалы, как приспособленные, так и специализированные, для изготовления микрожидкостных устройств. Приводятся таблицы сравнения ключевых свойств и параметров материалов.

Методы и способы изготовления микрофлюидных устройств

Перечисляются общие стадии создания микрожидкостного чипа. Рассматриваются основные методы и способы изготовления микроструктур для основы микрофлюидного устройства.

Формирование микроразмерных структур в полимерных материалах при лазерной микрообработке

Рассмотрено применение прямого метода микроизготовления. Проведен обзор технологических и физических особенностей применения лазерной техники для прямого метода в разных режимах изготовления.

Изготовление наноразмерных структур

Рассматриваются два ключевых фактора при изготовлении наноразмерных структур. Проводится систематизация основных методов изготовления наноразмерных структур. Приводится пример использования наноструктур в микрожидкостных устройствах.

Герметизация микрофлюидных чипов

Перечисляются основные методы герметизации. Приводятся основные факторы выбора метода. Проводится сравнительный анализ преимуществ и недостатков разных методов

Наноразмерные структуры в микрофлюидных устройствах

Дается определение наноразмерных структур, устанавливаются характерные размеры наноструктур с указанием доминирующих взаимодействий и способов описания движения молекул в микрожидкостных устройствах. Приводятся примеры актуальных и перспективных наноструктур, а также способов их применения. В частности для извлечения и концентрированной компонентов, включая биологические.

Разделение компонентов пробы в микрофлюидных устройствах

Приведены примеры применения микрожидкостных устройств для полномасштабного аналитического исследования в химии.

Детектирование в микрофлюидных устройствах

Перечисляются методы детектирования проб. Указываются особенности методов для микрожидкостных устройств. Особое внимание уделяется методам детектирования биологических проб.

Коммерциализация микрофлюидных устройств и приборов для исследований биологических проб

Приводится обзор коммерческих реализаций микрофлюидных чипов для решения биологических и медицинских задач. Указываются основные мировые производители аналитических микроустройств и аппаратуры для проведения анализов.

Практический раздел

Практический раздел курса предназначен для подготовки студентов к самостоятельной разработке и

изготовлению под руководством преподавателя микрожидкостного (микрофлюидного) устройства в лаборатории микрогидродинамики кафедры общей физики ПГНИУ.

Раздел содержит информацию об изготовлении микрожидкостного устройства методом фотолитографии. Предусматривается возможность создания мелких серий устройств путем изготовления полимерных реплик с оригинальной матрицы, изготовленной методом фотолитографии. Предполагается полная сборка готового микрожидкостного устройства, тестирование как матрицы, так и готового устройства.

Разработка микрожидкостного устройства. Изготовление фотошаблона микрожидкостного устройства.

Рассматриваются правила работы в помещении повышенной частоты, предназначенного для изготовления микрожидкостных устройств. Проводится ознакомление с принципами разработки топологии и геометрии микрожидкостных чипов, выбора фотоматериалов и основных методов обработки для литографии. Студентами самостоятельно, под руководством преподавателя, производится изготовление фотошаблона заготовки микрожидкостного устройства.

Создание 3D негатива, промежуточный анализ изделия микрожидкостного устройства.

Производится ознакомление студентов с технологией изготовления мастер-матрицы микрожидкостного устройства. После самостоятельного изготовления матрицы с применением ранее полученного фотошаблона, студентами производится промежуточный контроль матрицы микрофлюидного устройства.

Изготовление реплики.

Производится ознакомление с методиками подбора и применения заливочного компаунда для изготовления пластиковой реплики микрожидкостного устройства с мастер-матрицы. Студенты самостоятельно изготавливают основную часть микрожидкостного устройства.

Сборка микрожидкостного устройства. Аттестация полученного изделия.

После дополнительного изучения особенностей методов герметизации микрожидкостных устройств, студенты собирают и тестируют в окончательном варианте микрожидкостный чип. Перед этим проводится изучение процессов активации полимерных поверхностей холодной плазмой для повышения качества склеивания (герметизации).

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Основы нанотехнологий. Часть 1. Микро- и нанотехнологии для биологических и медицинских исследований. Часть 2. Капельная микрофлюидика. Учебное пособие: Университет ИТМО, 2015. Основы нанотехнологий. Часть 1. Микро- и нанотехнологии для биологических и медицинских исследований. Часть 2. Капельная микрофлюидика/Белоусов К. И. -2015.-55 <http://www.iprbookshop.ru/71496.html>
2. Кручинин, Д. Ю. Фотолитографические технологии в производстве оптических деталей : учебное пособие / Д. Ю. Кручинин, Е. П. Фарафонтова. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 52 с. — ISBN 978-5-7996-1110-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/68508.html>

Дополнительная:

1. Юрчук, С. Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Математическое моделирование фотолитографических процессов и процессов электронной литографии при создании субмикронных структур и структур с нанометровыми размерами : курс лекций / С. Ю. Юрчук. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2013. — 45 с. — ISBN 978-5-87623-662-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/56066.html>
2. Методы нанолитографии. Достижения и перспективы/Г. С. Константинова, В. Н. Лозовский, Л. С. Лунин, С. Н. Лозовский.-Ростов-на-Дону:Терра-Принт,2008, ISBN 978-5-903286-20-1.-114.-Библиогр.: с. 110-111
3. Микрофлюидные системы для химического анализа:[сборник научных статей]/под ред. Ю. А. Золотова, В. Е. Курочкина.-Москва:Физматлит,2011, ISBN 978-5-9221-1315-1.-527.-Библиогр. в конце ст.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://www.dia-m.ru/catalog/lab/mikroflyuidika/13192942/?print> Основные применения микрофлюидных устройств

<https://nplus1-ru.turbopages.org/nplus1.ru/s/news/2017/08/15/3d-microfluidic> 3-D печать для микрофлюидики

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Микрогидродинамика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Программное обеспечение:

- ОС «Альт Образование» (Договор № ДС 003–2020);
- офисный пакет "Libre office";
- программа просмотра интернет контента (браузер) "Google Chrome".

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционные занятия.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Лабораторные занятия.

Лаборатория «Микрогидродинамики», оснащенная специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

3. Групповые (индивидуальные) консультации.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

4. Текущий контроль.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

5. Самостоятельная работа.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью

подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Микрогидродинамика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования</p>	<p>Умеет применять теоретические и экспериментальные методы исследования с использованием основных представлений микрогидродинамики и микрогидродинамических устройств</p>	<p align="center">Неудовлетворител Отсутствие умения предложить и использовать теоретические и экспериментальные методы исследования с использованием основных представлений микрогидродинамики и микрогидродинамических устройств</p> <p align="center">Удовлетворительн Умение предложить хотя бы один теоретический или экспериментальный метод исследования с использованием основных представлений микрогидродинамики и микрогидродинамических устройств</p> <p align="center">Хорошо Умение предложить несколько стандартных методов теоретического и экспериментального исследования с использованием основных представлений микрогидродинамики и микрогидродинамических устройств</p> <p align="center">Отлично Умение выбрать и применить адекватные поставленной задаче теоретические и экспериментальные методы исследования с использованием основных представлений микрогидродинамики и микрогидродинамических устройств</p>

ПК.2

Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
----------------------------	------------------------------------	---

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2.2 Осуществляет проведение теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, обработку и анализ полученных результатов</p>	<p>Умеет планировать теоретические (экспериментальные) исследования в рамках поставленной задачи. Владеет методами проведения исследования в области микрогидродинамики, обработки полученных результатов, способен провести их анализ.</p>	<p>Неудовлетворител Неумение спланировать и реализовать даже основные этапы теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи.</p> <p>Удовлетворительн Умение спланировать или реализовать основные этапы теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, в том числе провести обработку и анализ полученных результатов.</p> <p>Хорошо Умение спланировать и реализовать теоретическое (экспериментальное) исследование с применением известных типовых решений в рамках поставленной задачи, в том числе провести обработку и анализ полученных результатов.</p> <p>Отлично Умение самостоятельно спланировать и реализовать все необходимые этапы теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, в том числе провести обработку и анализ полученных результатов.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 2021

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Введение Входное тестирование	1. Знание предмета гидродинамики 2. Знание безразмерного критерия, определяющие тип гидродинамического течения (ламинарный, турбулентный). Умение вычислять его характерные значения. 3. Знание критерия, определяющего выбор модели описания вещества в жидкой и газообразной форме (сплошная среда или свободномолекулярное движение) 4. Знание закона течения жидкости в прямолинейном канале 5. Знание видов фазовых переходов первого рода 6. Умение оценить характерные размеры простейших молекул и молекул полимеров 7. Знание видов силового воздействия на жидкости и газы, приводящие к их движению 8. Знание закономерностей движения жидкостей или газов на границах соприкосновения с другими телами. Умение применять данные закономерности для определения характеристик движения. 9. Знание природы пьезоэффекта 10. Знание природы электрофореза

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования</p> <p>ПК.2.2 Осуществляет проведение теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, обработку и анализ полученных результатов</p>	<p>Методы и способы изготовления микрофлюидных устройств</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>1. Знание технологии и отрасли промышленности, ставших основой микрофлюидных устройств</p> <p>2. Знание главного преимущества микрофлюидного устройства</p> <p>3. Знание современных тенденций развития микрофлюидных устройств.</p> <p>4. Знание перспективных направлений совершенствования микрофлюидных устройств. Умение выбирать перспективный тип микрофлюидных устройств.</p> <p>5. Знание основных производителей аналитических систем на базе микрофлюидных устройств.</p> <p>6. Знание истории создания и предназначение первого микроаналитического устройства.</p> <p>7. Знание первоначальных концепций по созданию и применению микроаналитических систем.</p> <p>8. Знание русскоязычных и англоязычных названия (обозначения) аналитических микрофлюидных устройств.</p> <p>9. Знание истории возникновения микрогидродинамика как самостоятельного раздела физики.</p> <p>10. Знание определения наногидродинамики.</p> <p>11. Знание основных отличий (особенностей) микрогидродинамики от классической гидродинамики.</p> <p>12. Знание названий класса микрофлюидных устройств в планарном исполнении.</p> <p>13. Знание перечня дополнительных устройств и средств, обеспечивающих работу микрофлюидного устройства.</p> <p>14. Знание основных достоинств микрофлюидных устройств. Умение определять необходимые типы микрофлюидных устройств для решения конкретных</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
		задач.15. Знание и умение применять классификацию микрофлюидных платформ по доминирующим силовым воздействиям.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования</p> <p>ПК.2.2 Осуществляет проведение теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, обработку и анализ полученных результатов</p>	<p>Коммерциализация микрофлюидных устройств и приборов для исследований биологических проб</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>16. Знание основных функциональных элементов микрофлюидного устройства.</p> <p>17. Знание основных способов управления микропотоками микрофлюидных устройств.</p> <p>18. Знание основных схем инжекторов и вариантов дозирования жидкостей.</p> <p>19. Знание схемы простейшего микрофлюидного чипа.</p> <p>20. Знание двух основных способов смешивания потоков.</p> <p>21. Знание основных гипотез и систем уравнений, используемых для описания математических моделей микрогидродинамики.</p> <p>22. Знание основных материалов, используемых для изготовления микрофлюидных устройств.</p> <p>23. Знание преимуществ и недостатков основных типов материалов, используемых для изготовления микрофлюидных устройств.</p> <p>24. Знание общих этапов создания микрофлюидного чипа.</p> <p>25. Знание методов изготовления микроструктур на подложке микрофлюидного устройства.</p> <p>26. Знание преимуществ и недостатков основных методов изготовления микрофлюидных устройств.</p> <p>27. Знание двух важнейших фактора при изготовлении наноразмерных элементов в микрофлюидном устройстве.</p> <p>28. Знание основных методов изготовления наноразмерных элементов в микрофлюидном устройстве.</p> <p>29. Знание основных методов герметизации микрофлюидных устройств.</p> <p>30. Знание характерных особенностей наногидродинамики.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования</p> <p>ПК.2.2 Осуществляет проведение теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, обработку и анализ полученных результатов</p>	<p>Сборка микрожидкостного устройства. Аттестация полученного изделия.</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>1. Умение пользоваться на практике требованиями работы в помещении повышенной чистоты ГОСТ Р ИСО 14644. 2. Умение разработать геометрию микрожидкостного устройства.3. Знание назначения и обоснованность любого элемента топологии микрожидкостного устройства.4. Знание основных принципов и отличий фотопечати, основных параметров фотопечати.5. Знание параметров фототехнической пленки и фотопластины. Умение выставить параметры печати в зависимости от топологии фотошаблона и типа фотопленки/фотопластины.6. Знание и умение обработки фотошаблона после печати.7. Знание основных принципов фотолитографии, основных понятий и терминов.8. Умение выбрать подложку и подготовить для литографии. Знание основных требований к подложке.9. Знание технологического процесса фотолитографии, назначения каждой единицы оборудования для процесса изготовления микрожидкостного устройства.10. Знание основных типов фоторезистов, умение подбирать фоторезист в зависимости от геометрии микрожидкостного устройства, умение обосновать выбор фоторезиста.11. Умение программировать процесс нанесения жидких фоторезистов.12. Знание процесса обработки подложки после нанесения фоторезиста, знания всех температурных режимов. 13. Знание процесса обработки подложки после экспонирования подложки с фоторезистом, знание всех температурных</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
		режимов. 14. Умение настроить систему экспонирования в зависимости от типа фоторезиста и режима экспонирования. 15. Знание режимов экспонирования и их отличий, умение применить их на практике. 16. Знание процесса плазменной обработки материала, выбора газа и времени обработки. 17. Знание процесса плазменной активации поверхности материала, выбора газа и времени обработки. 18. Умение подобрать и использовать заливочный компаунд, как основной компонент микрожидкостного устройства. 19. Умение изготовить реплику мастера. 20. Умение собрать микрожидкостный чип, осуществив склейку реплики холодной плазмой.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Полный правильный ответ на любой из вопросов	3
Неполный правильный ответ на любой из вопросов	2
Полный или неполный частично правильный ответ на любой из вопросов	1
Отсутствие ответа на любой из вопросов	0

Методы и способы изготовления микрофлюидных устройств

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Полный правильный ответ на один из вопросов.	2

Неполный правильный ответ или ответ с несущественными ошибками на один из вопросов.	1
В целом неправильный ответ на один из вопросов. Отсутствие ответа на один из вопросов.	0

Коммерциализация микрофлюидных устройств и приборов для исследований биологических проб

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Полный правильный ответ на один из вопросов.	2
Неполный правильный ответ или ответ с несущественными ошибками на один из вопросов.	1
В целом неправильный ответ на один из вопросов. Отсутствие ответа на один из вопросов.	0

Сборка микрожидкостного устройства. Аттестация полученного изделия.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Полный правильный ответ на любой из вопросов	5
Неполный правильный ответ на любой из вопросов	4
Неполный частично правильный ответ на любой из вопросов	3
Отсутствие ответа на любой из вопросов	0