

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
биологической и медицинской  
физики**

**Д.В. Кузьмин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Основы 3Д-печати для прототипирования научных инструментов
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Биофизика и инженерия в нанобиотехнологиях Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики центр образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 15 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 15 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: А.В. Пушкарев, канд. физ.-мат. наук, преподаватель

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики 28.12.2023

## Аннотация

Дисциплина "Основы 3Д-печати для прототипирования научных инструментов" предназначена для освоения современных инженерных технологий с использованием 3Д-принтинга. В рамках курса студенты изучат основы 3Д-моделирования и эффективного использования материалов, оборудования, соответствующих методов математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и характеристик технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров. Программа включает практические занятия по проектированию и созданию функциональных прототипов научных инструментов с использованием 3Д-печати, что позволит выпускникам успешно применять полученные знания в сфере нанобиотехнологий и участвовать в разработке передовых технологий для медицины и биологии.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- овладение современными технологиями и методиками создания прототипов научных инструментов с использованием 3Д-печати.

#### Задачи дисциплины

- разработка 3Д модели научных инструментов с помощью специализированного программного обеспечения;
- анализ современных технологий и методов измерения;
- участие в создании новых объектов техники и технологии (в сфере высоких и наукоемких технологий);
- участие во внедрении инновационных технологических процессов и объектов новой техники в качестве исполнителя, ответственного за самостоятельный участок работы;
- оптимизация 3Д моделей для последующей 3Д печати, учитывая особенности материала и технологии;
- создание файлов для 3Д печати научных инструментов, учитывая требования к качеству и точности печати;
- исследование методов и принципов безопасности при работе с профессиональным оборудованием и материалами;
- тестирование изготовленных инструментов и деталей и оценка их работоспособности.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- принципы работы 3Д-печати и основные технологии, используемые в процессе печати;
- как создавать 3Д-модели научных инструментов в специализированных программах для дальнейшего преобразования их в готовые к печати файлы;
- основные материалы, используемые при 3Д-печати научных инструментов, и их особенности;
- как правильно настраивать принтер, выбирать оптимальные параметры печати и контролировать качество процесса;
- способы повышения эффективности и качества 3Д-печати научных инструментов;
- основы технического проектирования и оптимизации деталей для уменьшения затрат на материал и улучшения функциональных характеристик инструментов.

уметь:

- проектировать научные инструменты с использованием программ для 3Д-моделирования;
- работать с различными типами 3Д-принтеров и понимать их основные принципы работы;
- оптимизировать дизайн для более эффективного процесса 3Д-печати;
- выбирать подходящие материалы для 3Д-печати в зависимости от требуемых характеристик продукта;
- разбираться в основах технологии 3Д-печати и ее применении в научных исследованиях;
- решать проблемы, возникающие в процессе 3Д-печати научных инструментов.

владеть:

- понимание основных принципов и технологий 3Д-печати;
- умением работать с программным обеспечением для моделирования и проектирования 3Д-моделей;
- навыками создания сложных 3Д-моделей для научных инструментов;
- знаниями методов и материалов для 3Д-печати научных устройств;
- умением анализировать и оптимизировать 3Д-модели для улучшения качества и производительности изделий;
- опытом работы с принтерами и другими устройствами для 3Д-печати;
- навыками решения технических проблем и улучшения процесса производства;
- пониманием основных принципов безопасности и этики при использовании 3Д-технологий для научных целей.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Место 3Д печати в приборостроении, ее ограничения.			3	5
2	Виды технологий 3Д печати, их преимущества и недостатки.			2	5
3	Проектирование деталей под 3Д печать.			3	5
4	Слайсеры и настройки печати.			2	5
5	SLA печать.			3	5
6	FDM печать.			2	5
Итого часов				15	30
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	45 час., 1 зач.ед.
--------------------	--------------------

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Место 3Д печати в приборостроении, ее ограничения.

Роль 3Д печати в области приборостроения, ее преимущества и ограничения. Основные принципы функционирования 3Д печати, ее возможности, и технические характеристики. Какие задачи можно решить с помощью 3Д технологий и какие ограничения могут возникнуть при использовании этого метода производства. Выбор материалов для 3Д печати и особенности проектирования деталей.

##### 2. Виды технологий 3Д печати, их преимущества и недостатки.

Различные виды технологий 3Д печати, такие как Fused Deposition Modeling (FDM), Stereolithography (SLA), Selective Laser Sintering (SLS) и другие: общий обзор и сравнение.

##### 3. Проектирование деталей под 3Д печать.

Основы дизайна для 3Д печати, принципы создания 3Д моделей и подготовки их к печати, а также основные материалы и методы печати.

##### 4. Слайсеры и настройки печати.

Принципы работы слайсеров (программ, преобразующих 3Д-модели в инструкции для принтера). Настройка параметров печати для достижения высокого качества и точности получаемых изделий. Различные методы подготовки моделей к печати, поддержка.

##### 5. SLA печать.

Техника трехмерной печати с использованием стереолитографии (SLA). Принципы работы SLA принтеров, основные материалы, используемые в процессе печати, параметры настройки печати, а также методы послепечатной обработки изделий.

##### 6. FDM печать.

Технология Fused Deposition Modeling (метод послойного наплавления, FDM). Принципы работы FDM принтеров, основные материалы, используемые в процессе печати, параметры настройки печати, а также методы послепечатной обработки изделий.

#### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

#### 6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Литература предоставляется на базовой кафедре:

- Руководство использования «3D printer Designer XL PRO»;
- Кокс Г. и Читамбар Р. "3D-печать научных инструментов". М.: Издательство Техносфера, 2019;
- Вендровский А.С., Ковальчук Д.В., Федоров Б.С. и др. "Проектирование научных инструментов с использованием 3D-печати". СПб.: Издательство Политехнического университета, 2020;
- Данилов В.А., Зайцева Н.С., Иванов С.П. и др. "Основы 3D-печати для проектирования научных инструментов". Казань: Издательство Казанского университета, 2018;
- Сорокин Е.П., Лебедев А.А. "Использование 3D-печати в проектировании научных инструментов". Новосибирск: Издательство НГТУ, 2017;
- Хлебников Д.И., Королева Е.Л., Смирнов А.В. "Технологии 3D-печати и их применение в научных исследованиях". М.: Издательство МГУ, 2020.

Дополнительная литература

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. Приветствуется наличие во время занятий смартфонов/ноутбуков для участия в интерактивных упражнениях.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде опросов, на которых студенту предлагается устно ответить на теоретический вопрос и решить две задачи по теме семинара. Студенты, успешно прошедшие все формы промежуточного контроля, допускаются к сдаче дифференцированного зачета по дисциплине.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Биофизика и инженерия в нанобиотехнологиях Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики центр образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	А.В. Пушкарев, канд. физ.-мат. наук, преподаватель

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы 3Д-печати для прототипирования научных инструментов» обучающийся должен:

### знать:

- принципы работы 3Д-печати и основные технологии, используемые в процессе печати;
- как создавать 3Д-модели научных инструментов в специализированных программах для дальнейшего преобразования их в готовые к печати файлы;
- основные материалы, используемые при 3Д-печати научных инструментов, и их особенности;
- как правильно настраивать принтер, выбирать оптимальные параметры печати и контролировать качество процесса;
- способы повышения эффективности и качества 3Д-печати научных инструментов;
- основы технического проектирования и оптимизации деталей для уменьшения затрат на материал и улучшения функциональных характеристик инструментов.

### уметь:

- проектировать научные инструменты с использованием программ для 3Д-моделирования;
- работать с различными типами 3Д-принтеров и понимать их основные принципы работы;
- оптимизировать дизайн для более эффективного процесса 3Д-печати;
- выбирать подходящие материалы для 3Д-печати в зависимости от требуемых характеристик продукта;
- разбираться в основах технологии 3Д-печати и ее применении в научных исследованиях;
- решать проблемы, возникающие в процессе 3Д-печати научных инструментов.

### владеть:

- понимание основных принципов и технологий 3Д-печати;
- умением работать с программным обеспечением для моделирования и проектирования 3Д-моделей;
- навыками создания сложных 3Д-моделей для научных инструментов;
- знаниями методов и материалов для 3Д-печати научных устройств;
- умением анализировать и оптимизировать 3Д-модели для улучшения качества и производительности изделий;
- опытом работы с принтерами и другими устройствами для 3Д-печати;
- навыками решения технических проблем и улучшения процесса производства;
- пониманием основных принципов безопасности и этики при использовании 3Д-технологий для научных целей.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Роль 3Д печати в области приборостроения, ее преимущества и ограничения.

Основные принципы функционирования 3Д печати, ее возможности, и технические характеристики.

Какие задачи можно решить с помощью 3Д технологий и какие ограничения могут возникнуть при использовании этого метода производства.

Выбор материалов для 3Д печати и особенности проектирования деталей.

Виды технологий 3Д печати, их преимущества и недостатки.

Проектирование деталей под 3Д печать.

Основы дизайна для 3Д печати, принципы создания 3Д моделей и подготовки их к печати, а также основные материалы и методы печати.

Слайсеры и настройки печати.

Различные методы подготовки моделей к печати, поддержка.

Техника трехмерной печати с использованием стереолитографии (SLA).

Технология Fused Deposition Modeling (метод послойного наплавления, FDM).

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

- 1) В чем отличие 3Д печати от других методов производства? Когда стоит предпочесть 3Д печать фрезеровке и токарной обработке?
- 2) Какие технологии 3Д печати Вы знаете? Для каких задач используется каждая из них
- 3) Какие типы кинематики 3Д принтеров Вы знаете и в чем преимущества и недостатки каждого из них?
- 4) Опишите принцип FDM 3Д печати и ее ограничения? Какие материалы используются. Какие есть особенности у получаемых деталей.
- 5) Опишите принцип SLA 3Д печати. Какие материалы используются? Какие есть особенности у получаемых деталей.
- 6) Что необходимо учитывать при проектировании деталей под 3Д печать? Какие есть особенности при проектировании деталей под 3Д печать?
- 7) Какие типы механических передач стоит делать на 3Д принтере, а какие нет и почему? В чем есть особенности проектирования зубчатой передачи под 3Д печать?
- 8) Каким образом проектируется резьба для 3Д печати? Что надо учитывать при проектировании резьбы АБС пластиком и как?
- 9) Какие форматы файлов в 3Д моделировании Вы знаете? Когда используется какой из них?
- 10) Какие есть этапы при изготовлении 3Д модели? Что такое слайсер и как он работает?
- 11) Что такое поддержки детали при 3Д печати? Из каких материалов их делают?
- 12) Каким образом стоит позиционировать деталь на столик при настройке 3Д печати?
- 13) Какие методы послепечатной обработки деталей, изготовленных на FDM 3Д принтере Вы знаете и в чем они заключаются?
- 14) Какие типы заполнения деталей Вы знаете и в каких случаях какое заполнение деталей используется?



15) Какие методы постпечатной обработки деталей, изготовленных на SLA 3Д принтере Вы знаете и в чем они заключаются?

#### Критерии оценивания

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

#### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Аттестация по дисциплине осуществляется в форме дифференцированного зачета. При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.