



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

  
(подпись) А.И. Александров

«31» августа 20 23 г.

### Рабочая программа дисциплины

#### *Введение в нанотрибологию*

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»
Направленность (профиль) образовательной программы:	Материалы микро- и наносистемной техники



## 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Введение в нанотрибологию» призвана познакомить студента, обучающегося по направлению «03.04.02 Физика» и направленности «Физика конденсированного состояния вещества», сформировать основы знаний и умений в области трибологической науки. Цель дисциплины – сформировать у студентов систему знаний по проблемам трения, износа и смазки трибосопряжений машин, вооружить будущих специалистов теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для исследовательской и инженерной работы с объектами техники.

Задачами дисциплины являются:

- изучение студентами достижений науки и техники в области физикохимии процессов трения и изнашивания.
- освоение основных закономерностей трения: скольжения (жидкостного, граничного, сухого) и качения;
- изучение возможностей исследования трибологических процессов на наноскопическом уровне;
- разработка и обеспечение качества триботехнических материалов и их показателей;

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана и является факультативной. Дисциплина базируется на изученных в рамках бакалавриата дисциплинах «Анализ экспериментальных данных», «Теория вероятностей и математическая статистика» Курс связан с рядом фундаментальных и прикладных дисциплин, для которых характерен инженерный эксперимент и прикладные аспекты физики конденсированного состояния вещества. Например, это дисциплины

Б1.О.14 Планирование и обработка результатов экспериментов

Б1.В.04 Физическая химия

Б1.В.05 Органическая химия

Б1.В.09 Физика конденсированного состояния вещества

Б1.В.10 Физика поверхности

Б1.В.13 Материаловедение наноструктурированных материалов

Знания об основах нанотрибологии могут быть востребованы при выполнении производственных и научных практик, в ходе практики НИР, а также при выполнении ВКР.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: Основы физикохимии поверхностных явлений, основные понятия трибологии;

Уметь: Искать и анализировать специальную научную и патентную литературу;

Владеть: Базовыми навыками физико-технических экспериментов.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

**3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина** При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

ПК-1. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом знаний теоретических и прикладных основ материаловедения, микромеханики и сопромата

ПК-2. Способен проводить профессиональную деятельность по контролю структур и свойств материалов и компонентов микро- и наносистемной техники.

**3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с формируемыми компетенциями**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

Историю развитию нового научного направления «Нанотрибология», базовые понятия и принципы трибологической науки. Принципы компьютерного моделирования наноразмерных смазочных слоев.

**Уметь:**

Проводить эксперименты по исследованию триботехнических свойств наноструктурированных поверхностей трения и смазочных материалов.

**Иметь практический опыт/ иметь навыки:**

Навыки поиска научно-технической и патентной информации в области нанотрибологии, навыки измерений реологических, фрикционных и антиизносных параметров смазочных слоев.

**4. Объем и содержание дисциплины**

Объем дисциплины составляет 1 зачетную единицу (36 академических часов).

**4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа**

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по очной форме обучения)  Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	
1.	История возникновения нанотрибологии как особого раздела науки о трении. Основные понятия и определения	7	1	0	Входная диагностика: тест с



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

					последующим обсуждением результатов.
2.	Особенности рассмотрения процессов трения и изнашивания трения на микро- и наномасштабном уровнях.	7	1	0	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
3.	Физические процессы на площадках нанотрибоконтактов	7	1	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
4.	Экспериментальная техника для изучения нанотрибологических процессов и объектов.	7	1	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
5.	Теоретическое описание сил трения в трибоконтактах.	7	2	0	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
6.	Явления избирательного переноса, водородного изнашивания и аномального низкого трения.	7	1	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
7.	Компьютерное молекулярное моделирование наноразмерных трибосистем.	7	1	2 Семинарс кое занятие	
8.	Ультрадисперсные компоненты смазочных материалов	7	1	2 Семинарс кое занятие	



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

9.	Перспективные технологические применения результатов нанотрибологических исследований.	7	1		
Итого за семестр:			10	10	Зачет

#### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

1. История возникновения нанотрибологии как особого раздела науки о трении. Основные понятия и определения

Основные понятия трибологии. Наноскопические объекты в трибологических процессах: молекулярные пленки, слои и частицы, компоненты смазочного материала, продукты изнашивания.

2. Особенности рассмотрения процессов трения и изнашивания трения на микро- и наномасштабном уровнях.

Дискретный характер контактного процесса при трении. Контактная задача по Герцу. Теория «сваривания-среза-пропахивания». Макроскопический и микроскопический подходы при изучении трения. Физикохимические и энергетические модели единичного контакта. Микро- и нано-геометрия единичного трибоконтакта.

3. Физические процессы на площадках нанотрибо-контактов

Упругая, пластическая и упругопластическая деформации выступов поверхности при трении. Адсорбция и адгезия при трении. Субмикроскопические процессы при износе. Механизмы изнашивания: усталостный, адгезионный, абразивный.

4. Экспериментальная техника для изучения нано-трибологических процессов и объектов.

Туннельные и атомно-силовые микроскопы с возможностями регистрации тангенциальной силы при сдвиговых процессах на единичном нано-контакте. Методы исследования ультрадисперсных продуктов изнашивания. Оптическая и электронная микроскопия, феррография.

5. Теоретическое описание сил трения в трибоконтактах.

Основные теоретические модели единичного трибоконтакта. Учет сил адгезии. Модели мономолекулярных смазочных слоев. Трибохимические процессы.

6. Явления избирательного переноса, водородного изнашивания и аномально низкого трения.

Избирательный перенос при трении, сущность процесса, физикохимический механизм. Водородное изнашивание при трении, физикохимический механизм. Эффект аномально-низкого трения

7. Компьютерное молекулярное моделирование наноразмерных трибосистем.

Применение методов молекулярной динамики в трибологии. Построение молекулярных моделей поверхностей трения, граничных смазочных слоев и трибосистем со смазочным слоем. Программно-алгоритмический комплекс для молекулярного моделирования трибосистем.

8. Ультрадисперсные компоненты смазочных материалов

Порошковые наполнители: наночастицы, металлические и полимерные частицы, мезогенные наноструктурированные смазочные материалы.



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

9. Перспективные технологические применения результатов нанотрибологических исследований.

Оптимизация состава смазочных композиций. Смазочные материалы структурного действия. Новые ультрадисперсные присадки и наполнители для масел и пластичных смазок. Модификация поверхностей трения.

**5. Образовательные технологии**

Лекции с использованием презентационного материала. Практические занятия с использованием компьютерной техники и специализированного ПО. Включенная дискуссия на лекционных занятиях. Технология проблемного обучения, информационно-компьютерная технология, технология использования мультимедийных средств в образовательном процессе. Индивидуальное выполнение практических заданий при взаимодействии студента и преподавателя. Выступление студентов с докладами на семинарских занятиях.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Для данной дисциплины разработан специальный лекционный курс и перечень индивидуальных заданий. Виды самостоятельной работы включают в себя:

- работа с литературой (включая Интернет);
- работа с методическими указаниями и пособиями к лабораторным работам, самостоятельное изучение программного обеспечения;
- работа над домашними контрольными работами;
- оформление отчетов по практическим работам;
- подготовка к тестированию;
- изучение отдельных тем, вынесенных на самостоятельное рассмотрение.

**7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Оценочные средства разработаны для проведения входного, текущего и итогового контроля: контрольные работы, текущий опрос. Имеется список вопросов к итоговому зачету.

Контрольные работы проводятся в письменной форме по завершении изучения каждого раздела курса. Студентам предлагается в течение двух академических часов решить несколько учебных задач, ответить на контрольные вопросы. Правильное выполнение каждого задания оценивается в один балл. Контрольная работа считается зачтенной в случае, если магистрант набрал более половины от максимально возможного количества баллов, предусмотренного при выполнении данной контрольной работы. Итоговый зачет по курсу производится в устной форме.

Оценивание знаний на зачете производится по следующим показателям.

- «Зачтено» — обучающийся правильно, четко, аргументировано и в полном объеме изложил содержание теоретических зачетных вопросов, успешно выполнил практические задания, убедительно ответил на все дополнительные вопросы, показал высокий уровень сформированных компетенций;
- «Не зачтено» - обучающийся не изложил содержания основных положений теоретических зачетных вопросов, неправильно выполнил практическое задание, испытывал серьезные затруднения при ответах на дополнительные вопросы, не показал пороговый уровень сформированных компетенций:



## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература:

1. Беркович И.И., Громаковский Д.Г. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов / Под ред. Д.Г. Громаковского. - Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2000. - 268 с. То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://window.edu.ru/resource/532/73532/files/trib2000.pdf>
2. Мышкин, Николай Константинович. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. — М. : Физматлит, 2007. — 367 с. — (Механика). — ISBN 978-5-9221-0824-9.

### Дополнительная литература:

1. Сафонов Б.П., Бегова А.В. Инженерная трибология: оценка износостойкости и ресурса трибосопряжений: Учебное пособие для студентов специальности 170515 / РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт. - Новомосковск, 2004. - 66 с. То же [Электронный ресурс]. <http://window.edu.ru/resource/275/63275>

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»  
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru);  
<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории: - для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории; -для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, выполнения курсовых работ (проектов) с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

**Автор(ы) рабочей программы дисциплины:** профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий, доктор технических наук, профессор Годлевский В.А.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий 31 августа 2023 г., протокол № 1

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_  
(подпись)

**Приложение 1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**  
**Приложение 2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.**