



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

  
(подпись)

Л.И. Минеев

«31» августа 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Трибофизика

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	03.03.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Фундаментальная и прикладная физика



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

---

## 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению «Физика» и начинает готовить студентов-к организационно-административной, проектной, инженерно-технической и исследовательско-аналитической видам деятельности. Конкретно подготовка заключается в следующем:

- организационно-административная – в рациональной организации и планировании своей деятельности в соответствии с требованиями работодателя и умении грамотно применять полученные знания,
- проектная – в умении по месту работы распознать перспективное начинание или область деятельности и включиться в реализацию проекта под руководством опытного специалиста, а также в готовности работать рядовым исполнителем проекта,
- исследовательски-аналитическая – в ведении первичной аналитической работы для ответов на семинарских занятиях, выполнения индивидуальных заданий и написания курсовой работы.
- многофакторная цель дисциплины – сформировать у студентов системные знания о трибосистемах и трибологических процессах

Для достижения этой цели преподавание дисциплины призвано решить следующие задачи:

- сформировать представление о трибологии как о междисциплинарном прикладном научном направлении.
- сформировать у студентов системное представление о научной культуре работы с экспериментальными результатами;
- обучить критическому анализу научного материала, представляемого в литературных источниках,
- обучить оформительским и вычислительным навыкам, необходимым для оформления лабораторных, курсовых и дипломных работ.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.02.01) в соответствии с направлением подготовки: 03.03.02 Физика. Курс завершает цикл дисциплин, направленный на проблематику трения, износа и смазки. Смежными курсами являются дисциплины «Физика поверхности» и «физикохимия трибологических процессов» Настоящий курс также содержит связи с курсами материаловедческой специализации. Так, с курсом «материаловедение» эта связь состоит в части, посвященной понятию «фазы» и межфазной границы, структуры твердых поверхностей. Аналогичные соответствия имеются и с дисциплиной «рентгено-структурный анализ».

Таким образом, настоящий курс можно охарактеризовать как курс прикладной направленности, который знакомит студентов с техническими приложениями трибологической науки. Курс «Трибофизика» носит междисциплинарный характер. Используя сведения из различных областей естественнонаучного знания, студенты должны получить цельное представление о процессах, протекающих в различных условиях в зоне трения. С учетом развиваемого на кафедре экспериментальной и технической физики ИвГУ научного направления — трибологии, посвященного исследованию трения и износа твёрдых тел, настоящий курс ориентирован на вскрытие физической сущности явлений, происходящих при контактировании твердых тел, с учетом действия окружающей среды на контакт.

Настоящий курс содержит связи с другими курсами материаловедческой специализации. Так, с курсами Б1.В.11.08 «Прикладное материаловедение», Б1.В.ДВ.08.01 «Конструкционные материалы» эта связь состоит в части, посвященной понятию «фазы» и межфазной границы,



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

структуры твердых поверхностей, прочности материалов. Аналогичные соответствия имеются и с дисциплинами Б1.В.11.09 «Электроннография и электронная микроскопия, Б1.В.11.09 Электроннография и электронная микроскопия». Это касается свойств и методов исследований поверхностей трения С курсом Б1.В.11.02 «Физика поверхности» согласование по разделу свойств межфазных границ, понятий о процессах адсорбции, адгезии, изложения принципов различных методов исследования поверхностей трения.

Настоящий курс можно охарактеризовать как курс прикладной направленности, который знакомит студентов с основами трибологической науки и возможными ее техническими приложениями. Курс должен снабжаться примерами, иллюстрирующими практические приложения трибологии. Дисциплина относится к базовой части ОП.

В качестве необходимых «входных» знаний и умений принимаются знание и умения, приобретенные при изучении курсов «Физика поверхности», «Физика реального кристалла», «Анализ экспериментальных данных»

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: Строение, свойства и методы исследования кристаллических веществ. Основы физики и химии поверхностных явлений, прикладного материаловедения.

Уметь: Применять к объяснению трибологических явлений методы физикохимии и механики

Иметь: навыки лабораторных исследований трибологических свойств материалов.

### **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:

ПК-6 способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, инновационные и опытно-конструкторские разработки в области фундаментальной и прикладной физики в составе исследовательских коллективов

ПК-7 способен разрабатывать методики проведения испытаний, проводить обработку и анализ результатов экспериментов и публично представлять результаты научных исследований в доступной и современной форме.

#### **3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: место трибологии в системе технических и практических знаний; основные законы и модели трения, изнашивания и смазки; принцип оптимизации свойств трибосистемы при создании машин, обладающих свойствами энерго-и материалоемкости;

Уметь: ставить задачу трибологического эксперимента, использовать стандарты и справочную литературу, назначать материалы для узлов трения машин, исходя из функциональных требований к трибосистеме.

Иметь практический опыт: владения экспериментальной техникой для трибологических испытаний материалов, навыками поиска, анализа и обобщения новых разработок, использования современных знаний для создания надёжных и долговечных технических трибосистем.

### **4. Объем и содержание дисциплины**

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 академических часов)

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



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

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.	Введение. Основные понятия. Контакт твердых поверхностей.	8	6	2 Лабор. работа	Входная диагностика: выборочный опрос по выявлению остаточных знаний после ранее изученных дисциплин
2.	Характеристики микрогеометрии поверхностей. Основной механизм трения.	8	6	2 Лабор. работа	Опрос по результатам предыдущего занятия
3.	Влияние на процесс трения поверхностных загрязнений и смазки	8	6	2 Лабор. работа	Опрос по результатам предыдущего занятия
4.	Смазочные материалы. Износ материалов при трении.	8	4	2 Лабор. работа	Опрос по результатам предыдущего занятия
5.	Антифрикционные и фрикционные материалы	8	6	6 Лабор. работа	Опрос по результатам предыдущего занятия
Итого за семестр:			28	14	Итоговый зачет по курсу
Итого по дисциплине:			28	14	

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

1. Введение. Основные понятия и определения. Сфера трибологической науки. Краткая история трибологии. Разделы трибологии. Свойства поверхностей трения. Внутренние и наружные поверхностные слои. Физико-химические характеристики поверхностей. Эффект Ребиндера. Пленки на твердых поверхностях. Контакт твердых поверхностей. Контакт поверхностей идеальной формы. Распределение напряжений в контакте тел различной формы (по Г. Герцу).

2. Характеристики микрогеометрии поверхностей: шероховатость, волнистость, отклонения формы. Высотные и шаговые параметры профиля. Опорная кривая. Контакт шероховатых поверхностей. Основной механизм трения. Теория сваривания-среза-пропахивания. Упругий статический контакт шероховатых поверхностей. Упругопластический контакт шероховатых поверхностей. Основной механизм трения. Рост соединений и механическое упрочнение при трении. Механическая и адгезионная составляющие трения.

3. Влияние на процесс трения поверхностных загрязнений и смазки. Виды загрязнений поверхности. Режимы смазочного процесса. Кривая Герси-Штрибека. Гидродинамическая смазка. Теория Рейнольдса, ее допущения. Интерпретация компонентов общего уравнения Рейнольдса для смазочного слоя. Режим «смешанной» смазки. Граничное трение

4. Износ материалов при трении. Основные понятия. Количественные характеристики изнашивания. Классификация видов износа. Три режима изнашивания. Физическая модель поверхностно-усталостного изнашивания. Гидро- и газоабразивное изнашивание. Методики измерения износа. Смазочные материалы. Основные виды смазочных материалов. Их



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

---

классификация, физико-химические характеристики. Функциональные присадки к смазочным материалам. Технологические смазочные средства.

5. Антифрикционные и фрикционные материалы, их номенклатура и характеристики. Композиционные материалы, наноматериалы трибологического применения. Перспективные направления современной трибологии безызносность, эффект аномально низкого трения, нанотрибология.

### **5. Образовательные технологии**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: технологии смешанного обучения. Классическая лекция, мультимедиа технологии; технологии смешанного обучения презентационная графика. Лабораторные работы.

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

Особенностью данного курса является большой объем описательного материала по теме, следовательно, предусматривается существенная доля самостоятельной работы. Виды самостоятельной работы включают в себя:

- работа с литературой (включая Интернет);
- работа с методическими указаниями и пособиями, самостоятельное изучение программного обеспечения;
- работа над докладами к семинарским занятиям;
- подготовка к лабораторным работам и 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**

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:



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

<http://window.edu.ru/resource/532/73532/files/trib2000.pdf>

2. Мышкин, Н. К. 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**

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 с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;

- для выполнения лабораторных работ — лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

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

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации:

**Автор(ы) рабочей программы дисциплины:** профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий, д.т.н., проф. В.А. Годлевский

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 \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_



Основная профессиональная образовательная программа  
03.03.02 Физика  
(Фундаментальная и прикладная физика)

---

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_