



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП



В.В. Новиков

(подпись)

« 30 » августа 20 22 г.

### Рабочая программа дисциплины

Физика трибологических процессов

Уровень высшего образования:	Магистратура
Квалификация выпускника:	Магистр
Направление подготовки:	03.04.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Физика функциональных материалов и наноматериалов

Иваново



## 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Физика трибологических процессов» призвана познакомить студента, обучающегося по направлению «03.04.02 Физика» и направленности «Физика функциональных материалов и наноматериалов» 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 трибологии
- освоение основных закономерностей трения: скольжения (жидкостного, граничного, сухого) и качения;
- уяснение причин и этапов процесса ужесточения износа деталей при трении скольжении; совместимости поверхностей трения;
- расчет трибосопряжений; разработка и обеспечение качества триботехнических материалов и их показателей;
- знакомство с процессами упрочнения и восстановления поверхностей трения

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к базовой части учебного плана. Дисциплина базируется на изученных в рамках бакалавриата дисциплинах «Трибофизика», » Курс связан с рядом прикладных дисциплин, для которых характерен инженерный эксперимент и прикладные аспекты физического материаловедения. Например, это дисциплины «Механические свойства твердых тел», «Физикохимия смазочных материалов и процессов», «Физика и химия обработки материалов», «Метрология, стандартизация и сертификация». Знания об организации триботехнического эксперимента 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 физики твердого тела, физики конденсированного состояния вещества, основы трибологии.

**Уметь:** Находить научно-техническую и патентную информацию по изучаемой проблеме. Проводить лабораторные исследования материаловедческого характера.

**Иметь навыки,** необходимые для организации экспериментального исследования технических систем.

## 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-3 Способен выполнять работы по анализу научно-технической информации и результатов исследований в своей области специализации, в том числе находящихся на стыке различных областей наук

ПК-5. Способен выполнять операции контроля, измерения и испытания для выявления параметров состава, структуры и свойств материалов

ПК-6. Способен осуществлять контроль состояния контрольного, измерительного и испытательного оборудования, обеспечивать его подготовку и функционирование



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- физико-химические и физико-механические характеристики твердых тел;
- строение твердых тел и их поверхностных слоев;
- классификацию современных смазочных материалов;
- методы оценки триботехнических свойств смазочных материалов;
- новые методы повышения износостойкости на основе достижений триботехники.

**Уметь:**

- выбирать смазочные материалы в зависимости от условий работы для различных узлов трения машин и механизмов;
- предлагать эффективные методы борьбы с изнашиванием на стадии конструирования узлов трения;
- проводить экспериментальные исследования с целью определения триботехнических характеристик подвижных сопряжений;
- делать выводы по полученным результатам;
- пользоваться стандартами и другой научно-технической документацией и научной литературой.

**Иметь навыки**

- работы на машинах трения и экспериментального определения антифрикционных и противоизносных свойств жидких, пластичных и твердых смазочных материалов;
- обработки полученных данных испытаний смазочных материалов;
- оценки изменений физико-механических свойств поверхностей трения.

### 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов),

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

№ 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)
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Формы промежуточной аттестации
1.	Введение в триботехнику. Рабочие поверхности деталей и их контактирование	1	2		Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
2.	Трение и изнашивание деталей и рабочих органов машин.	1	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
3.	Виды изнашивания.	1	4	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

4.	Трещинообразование, контактная прочность, связь усталостного сопротивления деталей с изнашиванием.	1	2		Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
5.	Избирательный перенос при трении.	1	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
6.	Материалы для трущихся деталей.	1	4		Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
7.	Конструктивные способы повышения износостойкости деталей.	1	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
8	Смазывание деталей машин	1	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
9	Технологические способы повышения износостойкости	1	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
10	Износостойкость узлов трения при эксплуатации	1	2		Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
Итого за семестр:			24	12	Экзамен
Итого по дисциплине:			24	12	

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

№ темы	Основное содержание темы
1	1.1 Общие сведения. 1.2 Сроки службы трудящихся деталей. 1.3 Убытки от трения и износа в машинах. 1.4 Общие сведения о поверхности деталей, ее геометрии и шероховатости. 1.5 Структурные и фазовые превращения и остаточные напряжения в поверхностном слое.
2	2.1 Общие сведения о трении. 2.2 Трение без смазочного материала. 2.3 Трение при граничной смазке. 2.4 Трение при полужидкостной смазке. 2.5 Механизм изнашивания металлических поверхностей. 2.6 Стадии изнашивания поверхностей трения.
3	3.1 Общие сведения. 3.2 Водородное изнашивание. 3.3 Абразивное изнашивание. 3.4 Окислительное изнашивание. 3.5 Изнашивание вследствие деформации, диспергирование и выкрашивания, коррозии. 3.6 Кавитационное изнашивание, эрозийное изнашивание. 3.7 Схватывание, заедание фреттинг-коррозия.
4	4.1 Усталостные разрушения, трещинообразование. 4.2 Разрушения при контактных нагрузках.



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

5	5.1 Эффект безызносности. 5.2 Механизм образования сервоитной пленки и ее структура. 5.3 Физические основы эффекта безызносности. 5.4 Использование эффекта безызносности в узлах трения машин.
6	6.1 Разделение материалов пар трения по назначению и их выбор при конструировании узлов трения. 6.2 Критерии работоспособности материалов в парах трения. 6.3 Правила сочетания материалов. 6.4 Порошковые материалы. 6.5 Пластмассы.
7.	7.1 Жесткость, податливость и специальная конфигурация 7.2 Принцип взаимного дополнения качеств 7.3. Облицовка поверхностей, накладки, вставки. 7.4 Плавающие детали 7.5. Замена внешнего трения внутренним 7.6 Замена трения скольжения трением качения 7.7. Уменьшение напряжений, разгрузка рабочих поверхностей 7.8 Учет температурных деформаций 7.9 Защита узлов трения от загрязнений
8.	8.1 Общие сведения 8.2 Физико-химические характеристики смазочных материалов (СМ) 8.3 Присадки к СМ 8.4 Твердые СМ, пластичные СМ, металлоплакирующие СМ 8.5 Выбор СМ, подвод и распределение СМ 8.5 Особенности разных видов смазочных материалов
9.	9.1 Общие сведения. 9.2 Качество сопрягающихся поверхностей и точность их взаимного расположения в связи с их износостойкостью. ХТО и ТО рабочих поверхностей деталей. 9.3 Химическая и эл химическая обработка поверхностей деталей, наплавка деталей. 9.4 Металлизация, электроискровая обработка, ЭМО, лазерная обработка, ППД, алмазное выглаживание, ФАБО.
10	10.1 Общие сведения. 10.2 Изменение свойств СМ в эксплуатации. 10.3 Обкатка машин. 10.4 Смазывание машин в эксплуатации. 10.5 Графитирование, покрытие дисульфидом молибдена. 10.6 Стендовые и эксплуатационные испытания, очистка деталей, узлов, агрегатов гидравлических и смазочных систем. 10.7 Влияние условий эксплуатации и режима работы на интенсивность изнашивания.

## 5. Образовательные технологии

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: Классическая лекция, мультимедиа технологии; технологии смешанного обучения, презентационная графика. Самостоятельная работа по выполнению индивидуальных заданий.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа учащихся обеспечивается лекционными материалами, методическими указаниями, индивидуальными заданиями и шаблонами для оформления отчетов по самостоятельной работе., которые загружаются преподавателем в ЭИОС.

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

Промежуточная и итоговая экзаменационная аттестации по дисциплине производятся с помощью компьютерного тестирования на платформе Online Test Pad по оригинальной базе тестов.

Шкала оценивания компетенций: \_\_

Отметка «ОТЛИЧНО» ставится в том случае, когда студент обнаруживает систематическое и глубокое знание программного материала по дисциплине, умеет свободно ориентироваться в вопросе. Ответ полный и правильный на основании изученного материала. Выдвинутые положения аргументированы и иллюстрированы примерами. Материал изложен в определенной



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

логической последовательности, осознанно, литературным языком, с использованием современных научных терминов; ответ самостоятельный. Студент уверенно отвечает на дополнительные вопросы.

Отметка «ХОРОШО» ставится в том случае, когда студент обнаруживает полное знание учебного материала, демонстрирует систематический характер знаний по дисциплине. Ответ полный и правильный, подтвержден примерами; но их обоснование не аргументировано, отсутствует собственная точка зрения. Материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены 2-3 несущественные погрешности, исправленные по требованию экзаменатора. Студент испытывает незначительные трудности в ответах на дополнительные вопросы. Материал изложен осознанно, самостоятельно, с использованием современных научных терминов, литературным языком.

Отметка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» (ставится в том случае, когда студент обнаруживает знание основного программного материала по дисциплине, но допускает погрешности в ответе. Ответ недостаточно логически выстроен, самостоятелен. Основные понятия употреблены правильно, но обнаруживается недостаточное раскрытие теоретического материала. Выдвигаемые положения недостаточно аргументированы и не подтверждены примерами; ответ носит преимущественно описательный характер. Студент испытывает достаточные трудности в ответах на вопросы. Научная терминология используется недостаточно.

Отметка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине. При ответе обнаружено непонимание студентом основного содержания теоретического материала или допущен ряд существенных ошибок, которые студент не может исправить при наводящих вопросах экзаменатора, затрудняется в ответах на вопросы. Студент подменил научное обоснование проблем рассуждением бытового плана. Ответ носит поверхностный характер; наблюдаются неточности в использовании научной терминологии.

При экзамене в виде теста оценка выставляется в зависимости от процентной доли правильных ответов, полученных при компьютерном тестировании

Неудовлетворительно — до 35%  
Удовлетворительно — свыше 35% — до 50%  
Хорошо — свыше 50% — до 75%  
Отлично — свыше 75%

«Типовые варианты тестовой работы представлены в фонде оценочных средств (Приложение 2)».)

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Основная литература:**

Тавтилов, И. Ш. Практикум по основам теории трения, изнашивания и триботехническим испытаниям : учебное пособие / И. Ш. Тавтилов, В. И. Юршев ; Оренбургский государственный университет, Кафедра материаловедения и технологии материалов. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – 232 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481816> (дата обращения: 19.10.2022). – Библиогр.: с. 199-201. – ISBN 978-5-7410-1698-5. – Текст : электронный.

Механика контактного взаимодействия и физика трения: от нанотрибологии до динамики землетрясений. – Москва : Физматлит, 2013. – 350 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457680> (дата обращения: 19.10.2022). – Библиогр.: с. 342-345. – ISBN 978-5-9221-1443-1. – Текст : электронный.

**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>

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.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет» <https://uni.ivanovo.ac.ru> Система онлайн-тестирования Online Test Pad

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru>

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

*(Указывается обязательно!!! При необходимости перечень может быть дополнен, например СПС «КонсультантПлюс».)*

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;

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 рабочей программы дисциплины:** : профессор, доктор технических наук,  
профессор Годлевский Владимир Александрович



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
(Физика функциональных материалов и наноматериалов)

---

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий 6 июля 2022 года, протокол № 5

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.**