

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра физики фазовых переходов

Авторы-составители: Смородин Борис Леонидович

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА СПЛОШНЫХ СРЕД
Код УМК 94067

Утверждено
Протокол №11
от «07» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Физика сплошных сред

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Физика сплошных сред** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

ПК.1 Способен планировать и проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования и (или) научные эксперименты в избранной предметной области

Индикаторы

ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	8
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (8 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физика сплошных сред

Входной контроль

Основные законы гидродинамики идеальной жидкости

Эйлеров и Лагранжевы способы задания движения жидкости. Переход от одного описания к другому. Система основных уравнений гидродинамики идеальной жидкости (газа): уравнение непрерывности, уравнение Эйлера, полнота системы уравнений. Энергия и импульс жидкости.

Гидростатика. Условия гидростатического равновесия. Барометрическая формула.

Теорема Бернулли и закон сохранения энергии. Потенциальное и вихревое движение жидкости.

Циркуляция скорости. Теорема Томсона и теоремы Гельмгольца.

Потенциальное течение жидкости. Система уравнений гидродинамики для потенциального движения несжимаемой жидкости. Уравнение Лапласа. Гидродинамические мультиполи. Обтекание шара потенциальным потоком. Понятие присоединенной массы. Парадокс Д'Аламбера. Сила сопротивления при потенциальном обтекании.

Двумерные потенциальные течения. Функция тока и комплексный потенциал. Стационарное обтекание кругового цилиндра.

Вихри в идеальной жидкости. Плоское сдвиговое течение, точечные вихри, вихревая дорожка Кармана.

Присоединенный вихрь и подъемная сила. Формула Жуковского.

Волны в несжимаемой жидкости. Поверхностные гравитационные волны: волны на глубокой воде ("короткие"), волны на мелкой воде ("длинные"), гравитационно-капиллярные волны.

Движение вязкой несжимаемой жидкости

Уравнение гидродинамики вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Коэффициент вязкости и вязкие напряжения, вязкие силы.

Примеры простейших течений вязкой жидкости: течения Куэтта и Пуазейля с плоской и круговой симметрией. Диффузия вихрей.

Принцип подобия и число Рейнольдса. Обтекание сферы медленным течением вязкой жидкости. Формула Стокса.

Пограничный слой. Уравнения Прандтля. Ламинарный след. Вязкие волны.

Движение сжимаемой жидкости (газа)

Основные уравнения гидродинамики сжимаемой жидкости. Звуковые волны. Энергия и импульс звуковых волн. Волны конечной амплитуды. Нелинейная акустика. Простые волны и инварианты Римана. Сверхзвуковые волны. Конус Маха. Ударные волны.

Элементы теории турбулентности

Устойчивость стационарного движения жидкости. Примеры неустойчивых течений: неустойчивость тангенциального разрыва, течение Куэтта между двумя коаксиальными цилиндрами.

Переход ламинарного течения в турбулентное. Развитая турбулентность. Закон Колмогорова-Обухова.

Турбулентный след. Турбулентный пограничный слой.

Механика деформируемого твердого тела

Вектор смещения. Тензор деформации. Тензор напряжения.

Закон Гука. Однородные деформации. Рстяжение. Модуль Юнга. Деформация однородного сжатия.

Деформация изгиба. Кручение. Волны в твердом теле.

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. Лотов, К. В. Физика сплошных сред : учебное пособие для вузов / К. В. Лотов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 135 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-10208-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/442391>
2. Белевич, М. Ю. Гидромеханика. Основы классической теории : учебное пособие / М. Ю. Белевич. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 213 с. — ISBN 5-86813-178-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/17911>
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов Т. 7. Теория упругости / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. -5-е изд., стер. -Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003, ISBN 5-9221-0122-6.-264

Дополнительная:

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды. учебник для университетов и вузов Т. 1 / Л. И. Седов. -4-е изд., испр. и доп. -Москва: Наука, 1983. -528. -Библиогр.: с. 491-492. - Предм. указ.: с. 521-528
2. Теория упругости. Часть 1. Учебно-методическое пособие: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. Теория упругости. Часть 1 / Ледовской И. В. - 2012. -48, ISBN 978-5-9227-0344-4 <http://www.iprbookshop.ru/19044.html>
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов: В 10 т. Т. 6. Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. -Москва: Наука, 1986. -736

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/courses/hydrodynamics.php Курс лекций по гидродинамике МФТИ

<http://www.library.psu.ru/node/738> Ресурсы библиотеки ПГНИУ

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

Образовательный процесс по дисциплине **Физика сплошных сред** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- 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 и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

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

Для лекционных и практических занятия занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным 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
Физика сплошных сред**

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

ПК.1

Способен планировать и проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования и (или) научные эксперименты в избранной предметной области

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики</p>	<p>Знать: базовые положения, на основе которых осуществляется моделирование процессов физики сплошной среды.</p> <p>Уметь: применять базовые положения физики сплошных при выборе модели для анализа реальных физических процессов.</p> <p>Владеть: навыками расчета в рамках той или иной модели и навыками оценки корректности применимости модели.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает базовые положения, на основе которых осуществляется моделирование процессов физики сплошной среды. Не умеет применять базовые положения физики сплошных при выборе модели для анализа реальных физических процессов. Не владеет навыками расчета в рамках той или иной модели и навыками оценки корректности применимости модели.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание базовых положений, на основе которых осуществляется моделирование процессов физики сплошной среды; Демонстрирует частично сформированное умение применять базовые положения физики сплошных при выборе модели для анализа реальных физических процессов. Демонстрирует частично сформированное владение навыками расчета в рамках той или иной модели и навыками оценки корректности применимости модели.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание базовых положений, на основе которых осуществляется моделирование процессов физики сплошной среды. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение применять базовые положения физики сплошных при выборе модели для анализа реальных физических процессов. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>навыками расчета в рамках той или иной модели и навыками оценки корректности применимости модели.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает базовые положения, на основе которых осуществляется моделирование процессов физики сплошной среды. Умеет применять базовые положения физики сплошных при выборе модели для анализа реальных физических процессов. Владеет навыками расчета в рамках той или иной модели и навыками оценки корректности применимости модели.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Входной контроль Входное тестирование	1. Элементы механики (общая физика). 2. Элементы термодинамики. 3. Уравнение Максвелла. 4. Векторный и тензорный анализ.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики</p>	<p>Движение вязкой несжимаемой жидкости Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>1. Уравнение непрерывности.2. Закон сохранения импульса для жидкости. Уравнение Эйлера.3. Уравнения гидродинамики идеальной жидкости.4. Теорема Бернулли.5. Закон сохранения энергии для идеальной жидкости.6. Потенциальное течение жидкости.7. Обтекание шара потенциальным потоком. Понятие присоединенной массы. Парадокс Даламбера.8. Двумерные потенциальные течения, функция тока и комплексный потенциал. 9. Волны в несжимаемой жидкости, поверхностные гравитационные волны. 10. Вязкая жидкость.11. Тензор вязких напряжений.12. Закон сохранения импульса для реальной жидкости.13. Уравнение Навье-Стокса.14. Система уравнений гидродинамики, несжимаемой реальной жидкости.15. Задача Куэтта.16. Задача Пуазейля.17. Течение пленки по наклонной плоскости.18. Течение Куэтта между вращающимися цилиндрами. 19. Сдвиговая волна Стокса.20. Обтекание сферы в приближении Стокса.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики</p>	<p>Элементы теории турбулентности Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>1. Свободная тепловая конвекция. Уравнения Буссинеска 2. Условия механического равновесия неравномерно нагретой жидкости. Устойчивость равновесия. Метод малых возмущений 3. Задача Рэля-Бенара об устойчивости равновесия в горизонтальном слое. 4. Спектр турбулентных пульсаций. Турбулентная диссипация. Колмогоровский масштаб турбулентности 5. Проблема корреляции. Статистически однородная и изотропная турбулентность. Тензор корреляции. 6. Соотношения Кармана-Хауэрза. Теория Колмогорова. 7. Корреляционные функции. Диссипативный и инерционный интервалы. Соотношение асимметрии Колмогорова-Таунсенда 8. Осреднение турбулентного поля. Напряжения Рейнольдса. Проблема замыкания</p>
<p>ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики</p>	<p>Механика деформируемого твердого тела Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>1. Вектор смещения. Тензор деформации. 2. Тензор упругих напряжений. 3. Закон Гука. Упругие модули 4. Однородное растяжение стержня. Модуль Юнга. 5. Деформация однородного сжатия. 6. Деформация изгиба. 7. Кручение. 8. Волны в твердом теле.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Входной контроль

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

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

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

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Задание 2. Вычислить rot от заданных векторных полей: верное решение задания - 2 балла;	2

в решении есть незначительные ошибки - 1 балл; неверное решение задания - 0 баллов.	
Задание 4. Написать законы Ньютона: верное решение задания - 2 балла; в решении есть незначительные ошибки - 1 балл; неверное решение задания - 0 баллов.	2
Задание 3. Написать дифференциалы термодинамических функций: верное решение задания - 2 балла; в решении есть незначительные ошибки - 1 балл; неверное решение задания - 0 баллов.	2
Задание 1. Вычислить div от заданных векторных полей: верное решение задания - 2 балла; в решении есть незначительные ошибки - 1 балл; неверное решение задания - 0 баллов.	2

Движение вязкой несжимаемой жидкости

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Ответ проиллюстрирован рисунками: верные рисунки - 2 балла; в рисунках есть незначительные ошибки - 1 балл; неверные рисунки - 0 баллов.	2
В ответе используются правильные физические и математические записи (векторы, интегралы): верные записи - 2 балла; в записях есть незначительные ошибки - 1 балл; неверные записи - 0 баллов.	2
Ответ на первый вопрос раскрыт: верно - 2 балла; есть незначительные ошибки - 1 балл; неверно - 0 баллов.	2
Ответ на второй вопрос раскрыт: верно - 2 балла; есть незначительные ошибки - 1 балл; неверно - 0 баллов.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100 балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Элементы теории турбулентности

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Ответ проиллюстрирован рисунками: верные рисунки - 2 балла; в рисунках есть незначительные ошибки - 1 балл; неверные рисунки - 0 баллов.	2
В ответе используются правильные физические и математические записи (векторы, интегралы): верные записи - 2 балла; в записях есть незначительные ошибки - 1 балл; неверные записи - 0 баллов.	2

Ответ на первый вопрос раскрыт: верно - 2 балла; есть незначительные ошибки - 1 балл; неверно - 0 баллов.	2
Ответ на второй вопрос раскрыт: верно - 2 балла; есть незначительные ошибки - 1 балл; неверно - 0 баллов.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100 балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Механика деформируемого твердого тела

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Ответ на первый вопрос раскрыт: верно - 2 балла; есть незначительные ошибки - 1 балл; неверно - 0 баллов.	2
Ответ на второй вопрос раскрыт: верно - 2 балла; есть незначительные ошибки - 1 балл; неверно - 0 баллов.	2
В ответе используются правильные физические и математические записи (векторы, интегралы): верные записи - 2 балла; в записях есть незначительные ошибки - 1 балл; неверные записи - 0 баллов.	2
Ответ проиллюстрирован рисунками: верные рисунки - 2 балла; в рисунках есть незначительные ошибки - 1 балл; неверные рисунки - 0 баллов.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за итоговое контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100 балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0