

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.02.02.02 ТЕПЛОФИЗИКА

Механика сплошных сред

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

Направленность (профиль)

03.03.02.33 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Красноярск 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

канд. физ.-мат.наук, доцент, Гаврилов А.А.

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Дисциплина представляет собой одну из важных общепрофессиональных дисциплин при подготовке бакалавров по направлению «Техническая физика».

Изучение дисциплины базируется на материале предшествующих естественно-научных и общепрофессиональных дисциплин.

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов основы системы знаний о механике сплошной среды и умений решать фундаментальные и прикладные задачи гидрогазодинамики.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности по направлению подготовки.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-1: Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, информационные ресурсы в своей предметной области физики и техники	
ПК-1.1: Понимает цели и задачи проводимых физических исследований и технических разработок	Знать: основные теоретические подходы к построению моделей сплошной среды; основные способа описания движения сплошной среды, основные характеристики напряженно-деформируемого состояния сплошной среды, интегральную и дифференциальную формы законов сохранения, законы термодинамики, соотношения на разрывах, уравнения динамики невязкой среды и их граничные условия. Знать: уравнения динамики вязкой среды и их граничные условия, типичные постановки задачи динамики вязкой среды и методы их решения, определения и смысл чисел подобия. Знать: свойства и характеристики пограничного слоя, уравнения Прандтля. Уметь: формулировать теоретические модели движения невязкой среды; строить полные системы уравнений, описывающих поведение конкретной среды, ставить для них краевые и начальные условия, выбрать метод решения поставленной задачи. Уметь: получать решения уравнений Навье-Стокса для простейших течений Уметь: сформулировать допущения и вывести

	<p>уравнения пограничного слоя Владеть: основными понятиями механики жидкости и газа; методами описания движения жидкости и газа на основе методов механики сплошной среды; математическими методами решения задач движения сплошной среды для основных моделей механики сплошных сред. Владеть: методами теории подобия и размерности Владеть: методами описания пограничного слоя</p>
<p>ПК-1.2: Собирает, обрабатывает, анализирует и обобщает передовой отечественный и международный опыт в соответствующей области физических и технических исследований</p>	<p>Знать: классификацию математических моделей сплошной среды, принципы выбора систем уравнений и их граничных условий. Знать: Способы обобщения аналитических и экспериментальных данных по течению вязкой несжимаемой жидкости Знать: основные свойства сдвиговых течений Уметь: оценивать применимость различных моделей механики сплошной среды в условиях конкретной задачи, применять методы аналитического исследования при решении задач механики сплошной среды. Уметь: оценивать режим течения жидкости в различных условиях Уметь: формулировать допущения модели пограничного слоя Владеть: аналитическими методами решения задач механики сплошной среды и необходимым для этого математическим аппаратом. Владеть: методами гидравлического расчета канальных течений вязкой несжимаемой жидкости Владеть: методами аналогии процессов переноса массы, импульса и тепловой энергии</p>

<p>ПК-1.3: Использует методы анализа научно-технической информации</p>	<p>Знать: классификацию математических методов сплошной среды, принципы выбора систем уравнений и их граничных условий. Знать: Способы обобщения аналитических и экспериментальных данных Знать: основные методы анализа научно-технической информации Уметь: строить полные системы уравнений, описывающих поведение конкретной среды, ставить для них краевые и начальные условия, выбрать метод решения поставленной задачи. Уметь: формулировать допущения модели пограничного слоя Уметь: оценивать применимость различных моделей механики сплошной среды в условиях конкретной задачи, применять методы аналитического исследования при решении задач механики сплошной среды. Владеть: методами гидравлического расчета</p>
	<p>канальных течений вязкой несжимаемой жидкости Владеть: методами описания пограничного слоя Владеть: методами аналогии процессов переноса массы, импульса и тепловой энергии</p>

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	Сем естр	
		1	2
Контактная работа с преподавателем:	3,5 (126)		
занятия лекционного типа	2 (72)		
практические занятия	1,5 (54)		
Самостоятельная работа обучающихся:	1,5 (54)		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Нет		
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	1 (36)		

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Основные понятия и законы									
	1. Понятие сплошной среды. Полевые величины. Поле скоростей в сплошной среде в описании Лагранжа и Эйлера, линии тока, траектории, трубки тока.	6							
	2. Занятие 1. Границы применимости модели сплошной среды			2					
	3. Деформация среды, скоростное поле сплошной среды в окрестности точки. Тензор скоростей деформации. Скорость объемной деформации, понятие несжимаемой жидкости. Первая теорема Гельмгольца. Ускорение жидкой частицы, понятие субстанциональной производной. Уравнение неразрывности. Массовый расход, потоки физических величин.	4							
	4. Кинематика сплошной среды. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости			2					

5. Занятие 1. Границы применимости модели сплошной среды							2	
6. Распределение сил в сплошной среде. Поверхностные силы, тензор напряжений, давление. Гидростатика. Уравнение равновесия жидкости и газа. Равновесие в поле потенциальной силы. Баротропное равновесие газа. Функция давления. Барометрическая формула. Уравнение движения и законы сохранения количества движения, его момента и кинетической энергии.	4							
7. Лекция 1. Понятие сплошной среды. Границы применимости модели сплошной среды. Понятие жидкости.							2	
2. Модель невязкой жидкости								
1. Уравнения динамики идеальной жидкости. Движение в поле потенциальной силы. Теорема Бернулли и закон сохранения энергии. Примеры применения теоремы Бернулли. Потенциальное и вихревое движение жидкости. Вихревое движение, вектор завихренности, вихревые линии и трубки. Циркуляция скорости. Теорема Томсона и теоремы Гельмгольца.	4							
2. Лекция 2. Поле скоростей, методы Лагранжа и Эйлера. Линии тока и траектории, трубки тока. Скоростное поле сплошной среды в окрестности точки, первая теорема Гельмгольца							2	

<p>3. Потенциальное течение несжимаемой жидкости. Уравнение Лапласа. Потенциал скорости и функция тока для плоских течений и их свойства. Граничные и начальные условия.</p> <p>Метод конформных отображений. Комплексный потенциал как метод описания гидродинамики идеальной жидкости. Безвихревое обтекание круглого цилиндра. Парадокс Даламбера.</p> <p>Метод суперпозиции потенциальных потоков. Циркуляционное обтекание круглого цилиндра. Эффект Магнуса. Присоединенный вихрь и подъемная сила. Нестационарное обтекание цилиндра. Присоединенная масса.</p>	6							
<p>4. Лекция 3. Вектор угловой скорости, вихревые линии и трубки, вторая теорема Гельмгольца. Тензор скоростей деформации, ускорение жидкой частицы</p>							2	
<p>5. Занятие 2. Кинематика сплошной среды. Подход Лагранжа и Эйлера</p>							2	
<p>6. Занятие 2. Кинематика сплошной среды. Подход Лагранжа и Эйлера</p>			2					
<p>7. Тензор скоростей деформации. Субстанциональная производная</p>			4					
3. Тема 3. Уравнения динамики сплошной среды								
<p>1. Лекция 4. Уравнение неразрывности, распределение сил в сплошной среде, тензор напряжения, уравнение сохранения импульса, уравнение движения в "напряжениях", уравнение сохранения энергии.</p> <p>Уравнение равновесия жидкости и газа, закон Паскаля, закон Архимеда. Баротропное равновесие газа. Теорема Бернулли.</p>	4							

2. Лекция 4. Уравнение неразрывности, распределение сил в сплошной среде, тензор напряжения, уравнение сохранения импульса, уравнение движения в "напряжениях", уравнение сохранения энергии. Уравнение равновесия жидкости и газа, закон Паскаля, закон Архимеда. Баротропное равновесие газа. Теорема Бернулли.							2	
3. Лекция 5. Уравнение баланса энергии при адиабатическом движении совершенного газа. Скорость распространения малых возмущений в газе, скорость звука, число Маха и коэффициент скорости. Изоэнтروпийные соотношения в газовой динамике.	8							
4. Лекция 5. Уравнение баланса энергии при адиабатическом движении совершенного газа. Скорость распространения малых возмущений в газе, скорость звука, число Маха и коэффициент скорости. Изоэнтропийные соотношения в газовой динамике.							2	
5. Занятие 3. Динамика сплошной среды. Условие равновесия жидкости. Законы Паскаля и Архимеда			2					
6. Занятие 3. Динамика сплошной среды. Условие равновесия жидкости. Законы Паскаля и Архимеда							1	
7. Занятие 4. Жидкость в поле объемных сил. Уравнение Эйлера.			2					
8. Занятие 4. Жидкость в поле объемных сил. Уравнение Эйлера.							2	
9. Занятие 5. Гидростатика сжимаемых жидкостей. Стандартная атмосфера.			2					
10. Занятие 5. Гидростатика сжимаемых жидкостей. Стандартная атмосфера.							1	

11. Уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости			2					
4. Тема 4. Одномерный стационарный поток невязкого газа								
1. Лекция 6. Соотношение Гюгонио, зависимость числа Маха от степени раскрытия сопла, сопло Лаваля, расходное, тепловое и механическое сопло.	2							
2. Лекция 6. Соотношение Гюгонио, зависимость числа Маха от степени раскрытия сопла, сопло Лаваля, расходное, тепловое и механическое сопло.							2	
3. Лекция 7. Плоская ударная волна и скачок уплотнения, уравнения Гюгонио для ударной волны. Изменение энтропии на фронте ударной волны.	6							
4. Лекция 7. Плоская ударная волна и скачок уплотнения, уравнения Гюгонио для ударной волны. Изменение энтропии на фронте ударной волны.							2	
5. Занятие 6. Одномерный стационарный поток невязкого газа. Изоэнтропические формулы. Расчет прямоточного воздушно-реактивного двигателя.			2					
6. Скачок уплотнения, соотношения Гюгонио для ударной волны			2					
7. Занятие 6. Одномерный стационарный поток невязкого газа. Изоэнтропические формулы. Расчет прямоточного воздушно-реактивного двигателя.							2	
5. Тема 5. Одномерное нестационарное течение невязкого газа								
1. Лекция 8. Уравнения газовой динамики в характеристической форме. Метод характеристик, инварианты Римана, численный метод характеристик для решения задач газовой динамики	6							

2. Лекция 8. Уравнения газовой динамики в характеристической форме. Метод характеристик, инварианты Римана, численный метод характеристик для решения задач газовой динамики							2	
3. Лекция 9. Простые волны, их свойства. Задача внутренней баллистики, ее решение методом характеристик. Элементарная теория ударной трубы.	6							
4. Лекция 9. Простые волны, их свойства. Задача внутренней баллистики, ее решение методом характеристик. Элементарная теория ударной трубы.							2	
5. Занятие 7. Одномерное нестационарное течение невязкого газа. Расчет аэродинамической трубы. Решение задачи внутренней баллистики. Расчет ударной трубы.			6					
6. Занятие 7. Одномерное нестационарное течение невязкого газа. Расчет аэродинамической трубы. Решение задачи внутренней баллистики. Расчет ударной трубы.							2	
6. Тема 6. Плоское безвихревое течение идеальной несжимаемой жидкости								
1. Лекция 10. Потенциал скорости и его определение по заданному полю скоростей. Функция тока, комплексный потенциал как функция комплексной переменной. примеры плоских безвихревых потоков	2							
2. Лекция 10. Потенциал скорости и его определение по заданному полю скоростей. Функция тока, комплексный потенциал как функция комплексной переменной. примеры плоских безвихревых потоков							2	

3. Лекция 11. Метод конформных отображений. Решение задачи об обтекании крыльевого профиля по методу конформного отображения. Подъемная сила крыла. Теорема Жуковского	2							
4. Лекция 11. Метод конформных отображений. Решение задачи об обтекании крыльевого профиля по методу конформного отображения. Подъемная сила крыла. Теорема Жуковского							2	
5. Занятие 8. Комплексный потенциал. Безвихревое и вихревое обтекание круглого цилиндра			4					
6. Занятие 8. Комплексный потенциал. Безвихревое и вихревое обтекание круглого цилиндра							2	
7. Темы 1-3,6								
7. Тема 7. Динамика вязкой несжимаемой жидкости								
1. Лекция 12. Уравнение Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. Аналитическое решение уравнения Навье-Стокса для течений Куэтта и Пуазейля	6							
2. Лекция 12. Уравнение Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. Аналитическое решение уравнения Навье-Стокса для течений Куэтта и Пуазейля							4	
3. Занятие 9. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение Навье-Стокса и его решение для простейших классов течений			6					
4. Простейшие решения уравнений Навье-Стокса			4					
5. Числа подобия. Числа подобия для течений вязкой жидкости			2					

6. Занятие 9. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение Навье-Стокса и его решение для простейших классов течений							4	
8. Тема 8. Пограничный слой								
1. Лекция 13. Понятие и уравнения пограничного слоя. Задача Блазиуса. Отрыв пограничного слоя.	6							
2. Лекция 13. Понятие и уравнения пограничного слоя. Задача Блазиуса. Отрыв пограничного слоя.							4	
3. Занятие 10. Уравнения Прандтля.			6					
4. Занятие 10. Уравнения Прандтля.							2	
5. Занятие 11. Толщина пограничного слоя			4					
6. Занятие 11. Толщина пограничного слоя							4	
7. Темы 4,5,7,8								
Всего	72		54				54	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды: Т. 2: [в 2 томах](Москва: Наука).
2. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов(Москва: Дрофа).
3. Черняк В. Г., Суетин П. Е. Механика сплошных сред: учеб. пособие для вузов(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. Теоретическая физика: Т. VI. Гидродинамика: учеб. пособие : в 10-ти т.(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
5. Седов Л. И. Механика сплошной среды: Т. 1: [в 2 томах](Москва: Наука).
6. Прандтль Л., Вольперт Г.А. Гидроаэромеханика(Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика").
7. Веренич И. А. Механика жидкости и газа (гидродинамика): учеб.-метод. пособие к практ. занятиям(Минск: БНТУ).
8. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика: Ч. 1: в 2-х ч. : учеб. рук. для вузов(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
9. Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений(Москва: Физматлит).
10. Славин В.С., Лобасова М.С., Миловидова Т. А. Механика жидкости и газа: методические указания к решению задач для студентов напр. подготовки дипломированных специалистов 651100 "Техническая физика" (спец. 070700)(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
11. Миловидова Т. А., Лобасова М. С. Механика жидкости и газа: методические указания по решению задач для студентов укрупненной группы напр. подготовки спец. 140000 всех форм обучения(Красноярск: СФУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. 1.регулярно обновляемый интернет-браузер (Mozilla Firefox, Google Chrome, Yandex Browser, Opera, Internet Explorer, Safari),
2. 2.офисный пакет (MS Office, Libre Office, Open Office).

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Сайт библиотеки СФУ. Режим доступа: <http://bik.sfu-kras.ru/>
2. Электронный каталог библиотеки СФУ. Режим доступа: <http://catalog.sfu-kras.ru/>
3. Google Scholar. Режим доступа: <http://scholar.google.com>
4. Электронные базы научных статей по выбору студента.

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Методика проведения занятий допускает как использование технических средств (проекторы, интерактивные доски), так и классические аудиторные занятия, обеспечиваемые стандартными материально-техническими средствами.

1. Лекционные аудитории должны быть оборудованы современным видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и иметь выход в Интернет, а также иметь интерактивную доску или доску для письма маркерами.

2. Помещения для проведения семинарских занятий должны иметь мультимедийное оборудование, а также иметь интерактивную доску или доску для письма маркерами, учебную мебель трансформенного типа.

3. Библиотека должна иметь рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных, локальную сеть университета и Интернет.

4. Наглядные пособия:

а) демонстрационные пособия (таблицы, схемы, графики, диаграммы, видеофрагменты);

б) пособия на основе раздаточного материала (карточки с заданиями и задачами, ксерокопии фрагментов первоисточников);

в) электронные презентации.