

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра физики сплошных сред**



**Рабочая программа дисциплины
ВВЕДЕНИЕ В МЕХАНИКУ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность(профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения: **Очная**

| Семестр | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах) | | | | Промежуточная аттестация (в часах) | | | | |
|---|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|---------|
| | | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | |
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | | | Консультации | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 5 | 72 | 32 | 4 | | 34 | | | | 2 | |
| Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 38 часов | | | | | | | | | | |
| Компетенции ПК-1 | | | | | | | | | | |

Ответственный за образовательную

программу д.ф.-м.н., проф.

Цыбуля С. В.

Новосибирск, 2022

Содержание

| | |
|--|---|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. | 3 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. | 3 |
| 3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем | 4 |
| 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. | 4 |
| 5. Перечень учебной литературы. | 6 |
| 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. | 6 |
| 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. | 6 |
| 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. | 7 |
| 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. | 7 |
| 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. | 7 |

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Введение в механику импульсных процессов» имеет своей целью усвоение студентами основ современной механики импульсных процессов в физике сплошной среды, базовых знаний, касающихся понятий, результатов и методов механики импульсных процессов — фундаментальной науки, лежащих в основе многих современных технологий. Сюда входит освоение обучающимися теории кумулятивных процессов и свойств материалов под действием интенсивных импульсных нагрузок. Студенты должны знать пределы применимости теории кумуляции, получить навыки работы с уравнениями, понимать принципы технических применений кумулятивных эффектов и другие разделы теории кумуляции, необходимые для освоения теоретических основ физических курсов, читаемых на кафедре физики сплошных сред

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции) | Индикаторы | Результаты обучения по дисциплине |
|--|---|--|
| ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования | <p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p>Знать основные уравнения теории кумулятивных процессов и свойств материалов под действием интенсивных импульсных нагрузок, основные положения механики импульсных процессов и границы ее применимости.</p> <p>Уметь находить необходимые справочные материалы для описания поведения материалов при сжатии, решать задачи, связанные с теорией кумуляции.</p> <p>Владеть основными методами решения теоретических задач, возникающих в рамках механики импульсных процессов, простейшими методами оценки параметров материалов, находящихся под действием интенсивных импульсных нагрузок.</p> |

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Введение в механику импульсных процессов» реализуется в осеннем семестре 3-го курса для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики сплошных сред. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

Для успешного освоения курса «Введение в механику импульсных процессов» студенты должны обладать предварительными знаниями основ дифференциальных уравнений, гидродинамики и физики сплошных сред. В свою очередь, учебный курс «Введение в механику

импульсных процессов» предоставляет студентам теоретические знания и практические навыки, необходимые для изучения курсов «Методы математической физики», «Численные методы в механике сплошных сред».

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем

| Семестр | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах) | | | | Промежуточная аттестация (в часах) | | | | |
|---|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|---------|
| | | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | |
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | | | Консультации | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 5 | 72 | 32 | 4 | | 34 | | | | 2 | |
| Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 38 часов | | | | | | | | | | |
| Компетенции ПК-1 | | | | | | | | | | |

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью опросов, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: опрос в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции.
- промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- практические занятия – 4 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 34 часа;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, дифференцированный зачет) составляет 38 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Введение в механику импульсных процессов» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-ем курсе физического факультета НГУ в осеннем семестре. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

| № п/п | Раздел дисциплины | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах) | | | | Промежуточная аттестация (в часах) |
|--------------|--|-----------------|--|--------------------|---------------------------|--|---------------------------------------|
| | | | Всего | Аудиторные часы | | Сам. работа во време занятий (не включая период сессии) | |
| | | | | Лекции | Практиче- ские занятия | | |
| 1. | Введение в физику импульсных процессов | 1-2 | 8 | 4 | | 4 | |
| 2. | Поведение материалов при сжатии | 3-5 | 12 | 6 | 2 | 4 | |
| 3. | Кумулятивные процессы в механической среде | 6-9 | 16 | 8 | 2 | 4 | |
| 4. | Диссипация энергии при кумуляции | 10-11 | 8 | 4 | | 4 | |
| 5. | Режимы кумуляции | 12-13 | 12 | 4 | | 6 | |
| 6. | Влияние реальных свойств вещества на эффекты струйной кумуляции. | 14-15 | 8 | 4 | | 4 | |
| 7. | Кумуляция в производстве | 16 | 6 | 2 | | 4 | |
| 8. | Дифференцированный зачет | 17 | 2 | | | | 2 |
| Всего | | | 72 | 32 | 4 | 34 | 2 |

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Введение в физику импульсных процессов (4 часа)

Характеристика физико-механических процессов в сплошной среде в зависимости от величины энерговыделения и характерного времени действия. Связь классов таких задач с параметрами среды (прочностные силы, энергия связи, теплота плавления и испарения).

Поведение материалов при сжатии (6 часов)

Элементарные представления о сжимаемости материала под действием интенсивных импульсных нагрузок.

Кумулятивные процессы в механической среде (8 часов)

Кумулятивные процессы в механике сплошной среды. Задача Рэля о схлопывании сферической полости в идеальной несжимаемой жидкости. Особенности кумулятивных процессов при сферической и цилиндрической геометрии опыта.

Диссипация энергии при кумуляции (4 часа)

Влияние диссипации энергии на процессы кумуляции. Задача Рэля для вязкой жидкости. Критические условия при этом для возникновения кумулятивных эффектов.

Режимы кумуляции (4 часа)

Струйные кумулятивные режимы. Гидродинамическая теория кумуляции (по М.А. Лаврентьеву). Приложения: образование кумулятивной струи и пробивание ею преграды, ускорение твердых тел до высоких скоростей.

Влияние реальных свойств вещества на эффекты струйной кумуляции (4 часа)

Влияние реальных свойств вещества на эффекты струйной кумуляции. Аномальное удлинение материала в кумулятивной струе, влияние сжимаемости вещества на процессы образования струи и проникания её в преграду.

Кумуляция в производстве (2 часа)

Анализ возможных технологических процессов с использованием рассмотренных задач механики импульсных процессов.

План практических занятий (4 часа)

1. Решение задачи о схлопывании полости в идеальной жидкости в сферической геометрии. **(2 часа)**
2. Решение задачи о схлопывании полости в идеальной жидкости в цилиндрической геометрии. **(2 часа)**

Самостоятельная работа студентов (34 часа)

| Перечень занятий на СРС | Объем, час |
|---|------------|
| Изучение, повторение теоретического материала лекций в течении семестра | 20 |
| Самостоятельная работа с дополнительной литературой | 14 |

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. "Наука", М., 1973, 416 с.
2. Е.И. Забабахин, И.Е. Забабахин. Явления неограниченной кумуляции. "Наука", М., 1988.
Электронная версия книги размещена на портале РФФИ в свободном доступе: http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_28311#1

5.2. Дополнительная литература

1. Зельдович Я.Б., Райзер ЮП. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. "Наука", М., 1966.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

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

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра: опрос в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачете. По итогам завершения курса проводится дифференцированный зачет по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все

компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

| Индикатор | Результат обучения по дисциплине | Оценочные средства |
|--|--|--|
| ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты. | Знать основные уравнения теории кумулятивных процессов и свойств материалов под действием интенсивных импульсных нагрузок, основные положения механики импульсных процессов и границы ее применимости. | Проведение опроса, дифференцированный зачет. |
| ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области | Уметь находить необходимые справочные материалы для описания поведения материалов при сжатии, решать задачи, связанные с теорией кумуляции. | Проведение опроса, дифференцированный зачет. |
| ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. | Владеть основными методами решения теоретических задач, возникающих в рамках механики импульсных процессов, простейшими методами оценки параметров материалов, находящихся под действием интенсивных импульсных нагрузок. | Проведение опроса, дифференцированный зачет. |

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Введение в механику импульсных процессов».

Таблица 10.2

| Критерии оценивания результатов обучения | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Уровень освоения компетенции | | | |
|--|---|--|---|--|---|
| | | Не сформирован (0 баллов) | Пороговый уровень (3 балла) | Базовый уровень (4 балла) | Продвинутый уровень (5 баллов) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Полнота знаний | ПК 1.1 | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. | Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок. | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы. | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--|---|--|---|
| Наличие умений | ПК 1.2 | Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки. | Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок. |
| Наличие навыков (владение опытом) | ПК 1.3 | Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок. | Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач. |

10.3. Вопросы и задачи для проведения дифференцированного зачета

1. Характеристика физико-механических процессов в сплошной среде в зависимости от величины энерговыделения и характерного времени действия.
2. Связь классов физико-механических процессов в сплошной среде с параметрами среды (прочностные силы, энергия связи, теплота плавления и испарения).
3. Сжимаемость материала под действием интенсивных импульсных нагрузок.
4. Кумулятивные процессы в механике сплошной среды, определение и примеры.
5. Задача Рэлея о схлопывании сферической полости в идеальной несжимаемой жидкости.
6. Задача Рэлея для вязкой жидкости.
7. Критические условия для возникновения кумулятивных эффектов в вязкой жидкости.
8. Струйные кумулятивные режимы, определение и примеры.
9. Струи с завихренными зонами.
10. Косой удар струи о прямую.
11. Обтекание тел струями.
12. Задача о затопленной струе.
13. Задача о встречных струях.
14. Гидродинамическая теория кумуляции (по М.А. Лаврентьеву).
15. Кумулятивные струи. Опыт Покровского.
16. Кумулятивные заряды. Физические предпосылки.
17. Задача об образовании кумулятивной струи и пробивание ею преграды.
18. Задача об ускорение твердых тел до высоких скоростей.
19. Влияние реальных свойств вещества на эффекты струйной кумуляции.
20. Аномальное удлинение материала в кумулятивной струе.
21. Влияние сжимаемости вещества на процессы образования струи и проникания её в преграду.
22. Особенности кумулятивных процессов при сферической геометрии опыта
23. Особенности кумулятивных процессов при цилиндрической геометрии опыта.
24. Влияние диссипации энергии на процессы кумуляции.

Пример билета дифференцированного зачета

1. Связь классов физико-механических процессов в сплошной среде с параметрами среды (прочностные силы, энергия связи, теплота плавления и испарения).

2. Влияние реальных свойств вещества на эффекты струйной кумуляции.

Форма билета к зачету представлена на рисунке

| |
|---|
| <p>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</p> <p><i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</i></p> <p>Физический факультет</p> |
| <p>БИЛЕТ № _____</p> <p>1. 2.</p> <p>Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 ____ г.</p> |

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Введение в механику импульсных процессов»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

| № | Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ | Подпись ответственного |
|---|--|--|------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |