

**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  
ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ УДАРНОМ СЖАТИИ**

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
7	36	32			2				2	
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 34 часа										
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. ....	6
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 «Физические явления при ударном сжатии» имеет своей целью формирование у студентов представления о физических явлениях, происходящих при интенсивном ударном сжатии: о механике распространения ударных волн в конденсированных средах для широкого диапазона интенсивностей, от умеренных до рекордных; о моделях поведения вещества при ударных воздействиях большой интенсивности; о ряде эффектов, возникающих при динамическом воздействии: разрушение, кумулятивные течения, фазовые переходы. Основной целью освоения дисциплины является формирование базовых понятий и моделей для описания. Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b> 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><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p><b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p><b>Знать</b> основные уравнения теории кумулятивных процессов и свойств материалов под действием интенсивных импульсных нагрузок, термодинамическое описание процессов при высоких давлениях и температурах.</p> <p><b>Уметь</b> пользоваться полуэмпирическими методами описания уравнения состояния и ударной адиабаты вещества, находить необходимые справочные материалы для описания поведения материалов при сжатии.</p> <p><b>Владеть</b> основными методами решения теоретических задач, возникающих в рамках механики импульсных процессов, асимптотическими методами для построения уравнений состояния для слабых и сильных ударных волн.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физические явления при ударном сжатии» реализуется в осеннем семестре 4-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 1 зачётную единицу, 36 академических часов.

Для успешного освоения курса «Физические явления при ударном сжатии» студенты должны обладать предварительными знаниями основ механики, термодинамики, физики сплошных сред, математического и функционального анализа, дифференциальных уравнений,

векторного и тензорного анализа. В свою очередь, учебный курс «Физические явления при ударном сжатии» предоставляет студентам теоретические знания и практические навыки, необходимые для изучения курсов «Методы математической физики», «Численные методы в механике сплошных сред»

### 3. Трудоемкость 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
7	36	32			2				2	
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 34 часа										
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, 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 трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

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

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, дифференцированный зачет) составляет 34 часа.

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

Дисциплина «Физические явления при ударном сжатии» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 4-ом курсе физического факультета НГУ в осеннем семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 академических часов.

№ 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 время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практиче- ские занятия		
1.	Фазовые превращения за фронтом ударных волн.	1-2	4	4			
2.	Изэнтропическое сжатие.	3-5	6	6			
3.	Оптические явления.	6-8	6	6			
4.	Электрические явления.	9-11	7	6		1	
5.	Механические эффекты	12-14	6	6			
6.	Сварка и компактирование взрывом.	15-16	5	4		1	
7.	Дифференцированный зачет	17	2				2
<b>Всего</b>			<b>36</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

### Программа и основное содержание лекций (32 часа)

#### Фазовые превращения за фронтом ударных волн (4 часа)

Плавление, металлизация, синтез новых фаз на примере фосфора, иода, серы, углерода. Взрывохимический синтез новых соединений. Роль температуры, давления, относительного движения компонент. Синтез сверхпроводников.

#### Изэнтропическое сжатие (6 часов)

Приближение серией волн, сжатие магнитным полем. Проблема металлизации водорода в связи со структурой внешних планет. Компактирование порошков взрывом. Плоская и цилиндрическая схемы. Ампула сохранения. Возможные структуры течения материала внутри ампулы.

#### Оптические явления (6 часов)

Потеря прозрачности за фронтом достаточно сильных ударных волн, замерзание воды. Электронная экранировка излучения в газах и прозрачных диэлектриках. Измерение скорости звука в жидкостях, ударная электролюминисценция.

#### Электрические явления (6 часов)

Проводимость за фронтом ударных волн, влияние давления и температуры. Генерация ударных волн с использованием мощных лазеров и электронных пучков. Ударная поляризация и диэлектрическая проницаемость. О составе ядра и мантии Земли.

#### Механические эффекты (6 часов)

Явление высокоскоростного удара, влияние скорости удара и материала мишени на глубину кратера, откольные явления. Получение давлений в мультимегабарном диапазоне при помощи ядерных взрывов. Взрывное кратерообразование и проблема лунных кратеров. Сверхглубокое проникновение как коллективный эффект.

## Сварка и компактирование взрывом (4 часа)

Пределные условия образования соединения. Волнообразование, его пределы, модели волнообразования. Упрочнение металлов взрывом. Компактирование порошков взрывом. Условия образования прочных компактов. Компактирование аморфных материалов. Ударная волна как способ получения в веществе экстремально высоких давлений и температур. Перспективы исследований свойств вещества за фронтом ударных волн и получение информации о физических свойствах.

## Самостоятельная работа студентов (2 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение, повторение теоретического материала лекций в течении семестра	2

### 5. Перечень учебной литературы.

#### 5.1. Основная литература

1. Канель Г.И., Разоренов С.В., Уткин А.В., Фортон В.Е. Ударно-волновые явления в конденсированных средах. Москва. Янус-К. 1996.

Электронная версия книги размещена на портале РФФИ в свободном доступе: [http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_197](http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_197)

#### 5.2. Дополнительная литература

1. Алдер Б. Физические эксперименты с сильными ударными волнами. В кн. Твердые тела под высоким давлением. М., Мир, 1966.
2. Дерибас А.А. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск, Наука, 1980.

### 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
<b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	<b>Знать</b> основные уравнения теории кумулятивных процессов и свойств материалов под действием интенсивных импульсных нагрузок, термодинамическое описание процессов при высоких давлениях и температурах.	Проведение опроса, дифференцированный зачет.
<b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	<b>Уметь</b> пользоваться полуэмпирическими методами описания уравнения состояния и ударной адиабаты вещества, находить необходимые справочные материалы для описания поведения материалов при сжатии.	Проведение опроса, дифференцированный зачет.
<b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	<b>Владеть</b> основными методами решения теоретических задач, возникающих в рамках механики импульсных процессов, асимптотическими методами для построения уравнений состояния для слабых и сильных ударных волн.	Проведение опроса, дифференцированный зачет.

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физические явления при ударном сжатии».

**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 к дифференцированному зачету

1. Фазовые превращения за фронтом ударных волн.
2. Взрывохимический синтез новых соединений.
3. Синтез сверхпроводников.
4. Приближение серий волн, сжатие магнитным полем.
5. Оптические явления. Потеря прозрачности за фронтом достаточно сильных ударных волн, замерзание воды.
6. Измерение скорости звука в жидкостях, ударная электролюминисценция.
7. Ударная поляризация и диэлектрическая проницаемость. О составе ядра и мантии Земли.
8. Взрывное кратерообразование и проблема лунных кратеров.
9. Сварка взрывом. Предельные условия образования соединения.
10. Компактирование порошков взрывом. Плоская и цилиндрическая схемы.
11. Условия образования прочных компактов. Компактирование аморфных материалов.
12. Генерация ударных волн с использованием мощных лазеров и электронных пучков.

1. Плавление, металлизация, синтез новых фаз на примере фосфора, иода, серы, углерода.
2. Роль температуры, давления, относительного движения компонент в синтезе.
3. Приближение серий волн, сжатие магнитным полем.
4. Оптические явления. Потеря прозрачности за фронтом достаточно сильных ударных волн, замерзание воды.
5. Электронная экранировка излучения в газах и прозрачных диэлектриках.
6. Электрические явления. Проводимость за фронтом ударных волн, влияние давления и температуры.
7. Явление высокоскоростного удара, влияние скорости удара и материала мишени на глубину кратера, откольные явления.
8. Сверхглубокое проникновение как коллективный эффект.
9. Волнообразование при сварке взрывом, его пределы, модели волнообразования. Упрочнение металлов взрывом.
10. Амбула сохранения. Возможные структуры течения материала внутри ампулы.
11. Получение давлений в мультимегабарном диапазоне при помощи ядерных взрывов.

### Пример билета дифференцированного зачета

1. Фазовые превращения за фронтом ударных волн.
2. Плавление, металлизация, синтез новых фаз на примере фосфора, иода, серы, углерода.

Форма билета к зачету представлена на рисунке

<p><b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b></p> <p><b>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</b></p> <p><b>Физический факультет</b></p>
<p><b>БИЛЕТ № _____</b></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 «Физические явления при ударном сжатии»  
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