

**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
ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА**

направление подготовки: **03.04.02 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
3	72	32			38				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы,
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

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 (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	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.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
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.	8

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

Дисциплина «Взрывчатые вещества» имеет своей целью изучение свойств и физических характеристик современных и классических взрывных материалов, и особенностей экспериментальной работы с ними. В рамках данной дисциплины формируются основные представления о физической сути процессов, происходящих в процессе детонирования взрывчатых веществ, изучаются основные свойства классических и современных взрывчатых материалов, а также обсуждаются основы техники безопасности при проведении экспериментальных работ.

Цели курса – сформировать у студентов определенную систему знаний, навыков и умений в постановке и решении задач, связанных с использованием специализированных знаний в области физики для освоения профильных физических дисциплин и способность проводить научные экспериментальные исследования в избранной области - в части изучения свойств и физических характеристик современных и классических взрывных материалов, и особенностей экспериментальной работы с ними.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать основные уравнения теории детонационных процессов и свойств материалов под действием интенсивных импульсных нагрузок, а также основы техники безопасности при проведении экспериментальных взрывных работ. Уметь ориентироваться в свойствах и физических характеристиках современных взрывчатых материалов и пользоваться полуэмпирическими методами описания уравнения состояния и ударной адиабаты вещества. Владеть методами расчета физических параметров, фигурирующих в описании общего материаловедения взрывчатых вещества и их поведения при детонации, а также методами решения теоретических задач, возникающих в рамках механики импульсных процессов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Взрывчатые вещества» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки 03.04.02 Физика (профиль подготовки «Общая и фундаментальная физика»). Дисциплина «Взрывчатые вещества» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата. Студенты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны обладать предварительными зна-

ниями основ общей физики, механики, термодинамики, физики сплошных сред, математического и функционального анализа, дифференциальных уравнений, векторного и тензорного анализа.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

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
3	72	32			38				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, 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, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: контроль посещаемости, 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;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 38 часов;
- 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 «Взрывчатые вещества» представляет собой полугодовой курс, читаемый в магистратуре физического факультета НГУ в третьем семестре.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение: обзор развития знаний о взрывчатых веществах (ВВ).	1	4	2		2	
2	Общая характеристика ВВ. Явление взрыва.	2	4	2		2	
3	Принципы определения состава продуктов взрыва (ПВ).	3	4	2		2	
4	Экспериментальные методы определения состава ПВ.	4	4	2		2	
5	Термодинамика взрыва.	5	6	2		4	
6	Расчетные и экспериментальные методы определения свойств ПВ.	6	4	2		2	
7	Работоспособность ВВ.	7	4	2		2	
8	Теоретические и экспериментальные методы определения местного и общего действия взрыва.	8	4	2		2	
9	Принципы построения промышленных ВВ.	9	4	2		2	
10	Физико-химические свойства ВВ.	10	4	2		2	
11	Ядовитые газы.	11	4	2		2	
12	Чувствительность ВВ.	12	6	2		4	
13	Особенности детонации промышленных ВВ.	13	4	2		2	
14	Горение ВВ.	14	4	2		2	
15	Средства взрывания.	15	4	2		2	
16	Способы и методы взрывания.	16	4	2		2	
17	Дифференцированный зачет	17	2				2
Всего			72	32		38	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

1. Краткий исторический обзор развития знаний о взрывчатых веществах (ВВ). (2 часа)
2. Общая характеристика ВВ. Явление взрыва. Условия протекания химических реакций в форме взрыва. Основные типы ВВ. (2 часа)
3. Принципы определения состава продуктов взрыва (ПВ). Вводные замечания. Понятие о кислородном балансе и кислородном коэффициенте. Расчет состава ПВ для ВВ с положительным кислородным балансом. Расчет состава ПВ для ВВ с отрицательным кислородным балансом. (2 часа)

4. Химические процессы при взрыве алюмосодержащих ВВ. Экспериментальные методы определения состава ПВ. (2 часа)
5. Термодинамика взрыва. Теплота взрыва. Расчет теплового эффекта. Закон Гесса. Принцип Бертело. Принцип Ле-Шателье. Опытное определение теплоты взрыва. Температура взрыва. Расчетные и экспериментальные методы определения температуры взрыва. Давление ПВ в камере. (2 часа)
6. Расчетные и экспериментальные методы определения давления ПВ. Объем газообразных ПВ. Расчетные и экспериментальные методы определения объема ПВ. (2 часа)
7. Работоспособность ВВ. Расчет и экспериментальное определение. Работа взрыва. Термодинамический КПД. Схема распределения энергии при взрыве. Формы работы взрыва. Местное (бризантное) и общее (фугасное) действие взрыва. Кумулятивный эффект. (2 часа)
8. Теоретические и экспериментальные методы определения местного и общего действия взрыва. Проба Гесса, проба Трауцля, баллистический маятник. Новые физические идеи определения работоспособности ВВ. Законы подобия. Тротиловый эквивалент. (2 часа)
9. Принципы построения промышленных ВВ. Классификация промышленных ВВ по составу, по режиму взрывного превращения, по химическому строению, по условиям безопасного применения, по степени опасности при хранении и перевозке. (2 часа)
10. Физико-химические свойства ВВ. Плотность. Дисперсность. Сыпучесть. Пластичность. Текучесть. Гигроскопичность. Водоустойчивость. Пыление. Расслоение. Эксудация. Старение. Электризация. Защита от статического электричества. (2 часа)
11. Ядовитые газы. Физические свойства и предельно допустимые концентрации. Основные причины образования. Методы борьбы с образованием ядовитых газов. (2 часа)
12. Чувствительность ВВ. Понятие о начальном импульсе. Чувствительность ВВ к тепловому воздействию (нагреву, лучу огня). Чувствительность ВВ к механическому воздействию (удару, трению). Чувствительность ВВ к детонационному импульсу. Механизмы возбуждения взрыва. Методы испытаний ВВ. (2 часа)
13. Особенности детонации промышленных ВВ. Понятие о предельном и критическом диаметре. Зависимость скорости детонации от плотности ВВ. Канальный эффект. (2 часа)
14. Горение ВВ. Стационарное горение. Критерий устойчивости горения. Неустойчивое горение порошкообразных и жидких ВВ. Физическая природа различия между инициирующими, вторичными и метательными ВВ. (2 часа)
15. Средства взрывания. Капсюли-детонаторы. Огнепроводный шнур и средства его воспламенения. Детонирующий шнур. Электродетонаторы. КЗДШ. Методы испытаний средств взрывания. Перспективы дальнейшего совершенствования средств взрывания. (2 часа)
16. Способы взрывания. Классификация способов взрывания. Огневой и электроогневой способы взрывания. Взрывание детонирующим шнуром. Электрический способ взрывания. Достоинства и недостатки различных способов взрывания. (2 часа)

Самостоятельная работа студентов (38 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная работа с дополнительной литературой по теме лекций, подготовка к опросам	38

5. Перечень учебной литературы.

1. Физика взрыва / Ф.А. Баум, Л.П. Орленко, К.П. Станюкович [и др.]; под ред. К.П. Станюковича, Изд. 2-е, перераб. Москва : Наука, 1975 (7 экз.)

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

3. Е. И. Пальчиков. Электронные лекции по курсу «Взрывчатые вещества». Новосибирск, НГУ - Институт гидродинамика им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 2020.

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 используются аудитории, оборудованные всем необходимым для чтения лекций (доска, экран, компьютер, мультимедийный проектор), в том числе 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 успеваемости

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе семестра путем контроля посещаемости и проведения выборочных опросов по материалам лекций.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачете. Зачет проводится в конце семестра 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. Критерии и шкалы оценивания индикаторов достижения результатов обучения отражены в Таблице 10.2.

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 решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать основные уравнения теории детонационных процессов и свойств материалов под действием интенсивных импульсных нагрузок, а также основы техники безопасности при проведении экспериментальных взрывных работ.	Опрос в начале каждой лекции, дифференцированный зачет

<p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Уметь ориентироваться в свойствах и физических характеристиках современных взрывчатых материалов и пользоваться полумпирическими методами описания уравнения состояния и ударной адиабаты вещества. Владеть методами расчета физических параметров, фигурирующих в описании общего материаловедения взрывчатых вещества и их поведения при детонации, а также методами решения теоретических задач, возникающих в рамках механики импульсных процессов.</p>	<p>Опрос в начале каждой лекции, дифференцированный зачет</p>
---	---	---

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Взрывчатые вещества».

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 1.2	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 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Список вопросов, выносимых на дифференцированный зачет

1. Общая характеристика ВВ. Явление взрыва.
 2. Условия протекания химических реакций в форме взрыва. Основные типы ВВ.
 3. Расчет теплового эффекта.
 4. Закон Гесса.
 5. Принцип Бертелло. Принцип Ле-Шателье.
 6. Расчетные и экспериментальные методы определения температуры взрыва.
 7. Расчетные и экспериментальные методы определения давления ПВ.
 8. Расчетные и экспериментальные методы определения объема ПВ.
 9. Схема распределения энергии при взрыве.
 10. Проба Гесса, проба Трауцля, баллистический маятник.
 11. Физико-химические свойства ВВ.
 12. Горение ВВ. Стационарное горение. Критерий устойчивости горения.
 13. Неустойчивое горение порошкообразных и жидких ВВ. Физическая природа различия между инициирующими, вторичными и метательными ВВ.
-
1. Принципы определения состава продуктов взрыва (ПВ).
 2. Расчет состава ПВ для ВВ с положительным кислородным балансом.
 3. Расчет состава ПВ для ВВ с отрицательным кислородным балансом.
 4. Экспериментальные методы определения состава ПВ.
 5. Новые физические идеи определения работоспособности ВВ. Законы подобия. Тротиловый эквивалент.
 6. Классификация промышленных ВВ по составу, по режиму взрывного превращения, по химическому строению, по условиям безопасного применения, по степени опасности при хранении и перевозке.
 7. Ядовитые газы. Физические свойства и предельно допустимые концентрации.
 8. Методы борьбы с образованием ядовитых газов.
 9. Чувствительность ВВ к тепловому воздействию (нагреву, лучу огня).
 10. Чувствительность ВВ к механическому воздействию (удару, трению).
 11. Чувствительность ВВ к детонационному импульсу. Механизмы возбуждения взрыва. Методы испытаний ВВ.
 12. Особенности детонации промышленных ВВ. Понятие о предельном и критическом диаметре. Зависимость скорости детонации от плотности ВВ. Канальный эффект.

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 «Взрывчатые вещества»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

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