



«1» сентября 2015 г.

Декан факультета фундаментальной
физико-химической инженерии
МГУ имени М.В.Ломоносова
академик С.М. Алдошин

Рабочая программа дисциплины

1. **Наименование дисциплины** - «Экстремальные состояния вещества в природе и технике»
2. **Уровень высшего образования** – аспирантура.
3. **Направление подготовки, направленность:** 03.06.01 «Физика и астрономия»
4. **Место дисциплины в структуре ООП:** относится к базовой части ОПОП, является обязательной дисциплиной для освоения на 4 году обучения (7 семестр), которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума.
5. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)** в соответствии с Картами компетенций выпускников программ аспирантуры МГУ

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-3: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области взрывчатых веществ и	ВЛАДЕТЬ: Методами получения сильных ударных волн, навыками математических расчетов динамики взрывной волны, навыками

природе и технике.	навыками работы со специальной справочной технической литературой, способностью постановки и обработки результатов физико-химического эксперимента, экспериментальными методами нахождения ударных адиабат, методами измерения температуры, расчетными методами определения параметров детонации. <i>Шифр: В1 (ПК-3)</i>
	<i>УМЕТЬ:</i> построить термодинамически полное уравнение состояния по результатам динамических измерений, обрабатывать данные динамических экспериментов, генерировать и измерять сверхсильные импульсные магнитные поля, токи и высокие напряжения, проводить современные высокотехнологичные эксперименты по испытанию веществ на взрывоопасность <i>Шифр: У1 (ПК-3)</i>
	<i>ЗНАТЬ:</i> принципы динамической генерации и диагностики, структуру волн сжатия и разрежения в упругопластическом теле и в среде с фазовыми превращениями, принципы распространения ударных волн в реагирующей среде, экспериментальные методы нахождения ударных адиабат,

	термохимию и термодинамику взрывных процессов, принципы безопасного обращения с взрывчатыми веществами
	Шифр: 31 (ПК-3)

6. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 42 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (27 часа занятия лекционного типа, 10 часов занятия семинарского типа, 5 часов мероприятия аттестации), 30 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

7. Входные требования для освоения дисциплины предварительные условия (если есть): необходимо освоить программу специалитета или магистратуры по данному направлению подготовки.

8. Образовательные технологии (отметить если применяется электронное обучение и дистанционные технологии): отсутствуют.

9. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) (часы)			Самостоятельная работа обучающегося (часы)	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	всего	домашние задания	всего

Экстремальные состояния вещества в природе и технике	67	27	10	42	30	30
<i>1. Введение</i> Основные представления о поведении вещества при высоких давлениях и температурах. Принципы динамической генерации и диагностики. Адиабатическое сжатие и расширение вещества. Образование плазмы за фронтом мощных ударных волн. Межчастичные взаимодействия. Кулоновское взаимодействие. Критерии неидеальности. Область существования неидеальной плазмы. Неидеальная плазма в природе. Научно-технические приложения.		2		2	2	2
<i>2. Теория ударных волн. Волна разрежения.</i> Поверхности разрыва в механике сплошных сред. Законы сохранения на поверхностях разрыва. Тангенциальные разрывы и их устойчивость. Ударная адиабата. Ударные волны в идеальном газе с постоянной теплоемкостью. Косая ударная		2		2	4	4

волна. Ударная поляра. Ширина ударных волн. Плоское изэнтропическое течение. Инварианты Римана. Простые волны. Центрированная волна разрежения как пример автомодельного движения. Распространение произвольного разрыва. Структура волн сжатия и разрежения в упругопластическом теле и в среде с фазовыми превращениями.						
3. Гидродинамическая теория детонации. Ударная волна в реагирующей среде. Детонационная волна. Законы сохранения в детонационной волне. Прямая Михельсона. Детонационная адиабата. Направление изменения термодинамических величин вдоль прямой Михельсона и детонационной адиабаты. Параметры Чепмена-Жуге. Модель Зельдовича-Неймана-Дёринга. Режимы детонации. Эволюционность детонационных волн. Детонационная адиабата идеального газа. Параметры		2		2	2	2

Чепмена-Жуге для политропного газа. Изменение давления, плотности, температуры в зоне реакции при стационарной детонации. Устойчивость детонационных волн. Понятие критического диаметра. Спиновая детонация. Пределы распространения детонации. Переход горения в детонацию.						
4. Методы получения сильных ударных волн Ударные трубы. Простейшая диафрагменная ударная труба. Устройство ударных труб и методика эксперимента. Ударные трубы с нагревом толкающего газа. Электромагнитные ударные трубы. Легкогазовые пушки. Взрывные ударные трубы. Высокоскоростное метание пластин и взрывной генератор прямоугольных импульсов. Крупномасштабные взрывные устройства. Эксперименты с ядерными взрывами. Мощные лазерные системы. Использование импульсных генераторов		2		2	2	2

релятивистских электронов и ионов.						
5. Уравнение состояния вещества Возможность построения термодинамически полного уравнения состояния по результатам динамических измерений. Экспериментальные методы отыскания ударных адиабат. Метод "откола". Метод "торможения". Метод "отражения". Измерение кинематических параметров течения. Дискретные методы: зондовые методы, метод "вспыхивающих промежутков". Непрерывные методы: оптические, метод конденсатора, метод наклонной призмы. Электромагнитный метод. Методы регистрации давления ударного сжатия: манганиновые датчики, кварцевые датчики, диэлектрические и сегнетоэлектрические пленочные датчики. Измерение плотности ударно-сжатого вещества:		2	1	3	2	2

импульсные рентгенография и протонография. Метод лазерной интерферометрии. Лазерные методы регистрации волновых профилей. Обработка данных динамических экспериментов. Точность экспериментов.						
6. <i>Излучательные свойства ударных волн</i> Измерение температуры. Метод обращения спектральных линий. Яркостный метод. Цветовой метод. Модель черного тела. Ширина и форма спектральных линий. Измерение коэффициента поглощения. Отражательная способность ударных волн. Взрывные источники излучения.		2	1	3	2	2
7. <i>Электрические измерения в динамическом эксперименте</i> Измерение электропроводности плазмы зондовыми и индукционными методами. Классическая теория зонда Ленгмюра. Одно- и двухзондовые методики. Четырехточечная методика измерения электропроводности. Электрические схемы. Измерительные ячейки. Измерения постоянной Холла.		2	1	3	2	2

8. Генерация сверхсильных магнитных полей Общие сведения. История создания и исследования сильных магнитных полей. Источники сверхсильных полей. Постоянные и импульсные магнитные поля. Импульсные генераторы тока обычного типа. Импульсные соленоидальные катушки. Компрессия магнитного потока. Взрывомагнитные генераторы (ВМГ). Цилиндрические генераторы сверхсильных магнитных полей.		2	1	3	2	2
9. Измерение импульсных магнитных полей, токов и высоких напряжений Холловский датчик. Магниторезистивные датчики. Оптические методы. Индуктивный магнитный датчик. Пояс Роговского. Трансформатор тока. Шунт. Омический и емкостной делители. Проблемы шумов в измерениях мощных импульсных систем.		2	1	3	2	2
10. Современные промышленные ВВ. История создания и		2	1	3	2	2

использования взрывчатых веществ. Области применения взрывчатых веществ в промышленности. Основные определения. Нитрат аммония его физико-химические и взрывчатые свойства. Первые простейшие смеси на основе АС. Аммониты, граммониты, аммоналы, граммоналы, акватолы, акваниты, эмульсионные ВВ.						
11. Классификация взрывчатых веществ Основные определения, инициирующие и бризантные индивидуальные ВВ, смесевые бризантные и фугасные ВВ, взрывчатые смеси простейшего состава, специальные ВВ.		2	1	3	2	2
12. Термохимия и термодинамика взрывных процессов Основные определения. Теплота взрыва. Кислородный баланс и кислородный коэффициент. Состав продуктов детонации. Расчетные методы определения параметров детонации.		2	1	3	2	2
13. Основные зависимости для детонационных волн		2	1	3	2	2

Основные определения. Зависимость параметров детонации от теплоты взрыва. Зависимость параметров детонации от диаметра заряда и плотности ВВ. Зависимость критического диаметра детонации от плотности. Взрывчатые вещества I и II группы.						
14. Безопасность обращения с ВМ. Современные стандартные методы испытаний веществ на взрывоопасность Анализ крупнейших аварий с ВВ и их компонентами. Основные определения. Факторы, влияющие на безопасность и изменение взрывчатых свойств ВВ. Чувствительность к механическим и тепловым воздействиям. Детонационная способность. Основные меры обеспечения взрывобезопасности. Анализ методов, рекомендованных экспертами ООН и ЕС для оценки взрывоопасности веществ. Классификация веществ по степени опасности.		1	1	2	2	2

Промежуточная аттестация	5	5	-	5	-	-
	72	32	10	42	30	30

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Основная литература

1. Я.Б.Зельдович, Ю.П.Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. Наука, Москва, 2008.
2. Физика взрыва / под ред. Л.П. Орленко. Изд. 3. Т.1. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2002.
3. Н.В.Карлов, Н.А.Кириченко. Колебания, волны, структуры.М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
4. В.Е.Фортов, А.Г.Храпак, И.Т.Якубов. Физика неидеальной плазмы. М.: Физматлит, 2004.

Дополнительная литература

1. Я.Б.Зельдович, Г.И.Баренблатт, В.Б.Либрович, Г.М.Махвиладзе. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука, 1980.
2. Д.А.Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука. 1987.
3. Т.Кнопфель. "Сверхсильные импульсные магнитные поля". М.: Мир, 1972.
4. А.Гейдон, И.Герл "Ударная труба в химической физике высоких температур". М.: Мир, 1966.
5. Бушман А.В., Фортов В.Е. Модели уравнения состояния вещества // УФН. - 1983. - Т.140.
6. Альтшулер Л.В. Применение ударных волн в физике высоких давлений // УФН. -1965. - Т.85. - С.197-258.
7. Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. М.: Недра. 1988.
8. М.А. Кук. Наука о промышленных взрывчатых веществах// Пер. с англ.- М: Наука.-1980.
9. К. Юхансон, П.Персон. Детонация взрывчатых веществ: Пер. с англ.. М: Мир.-1973.
9. 4. Рекомендации по перевозке опасных грузов. Руководство по испытаниям и критериям. Четвертое пересмотренное издание: Пер. с англ.- Нью-Йорк и Женева: ООН.-2003.

Контактные часы с преподавателем

Общие аудиторные часы

Дата	Тема для изучения	Форма проведения занятий	Кол-во часов
06.10.2017	1. Введение	лекция	3
13.10.2017	2. Теория ударных волн. Волна разрежения.	лекция	3
20.10.2017	3. Гидродинамическая теория детонации.	лекция	3
27.10.2017	4. Методы получения сильных ударных волн	лекция	3
03.11.2017	5. Уравнение состояния вещества	лекция	3
10.11.2017	6. Излучательные свойства ударных волн	лекция	3
17.11.2017	7. Электрические измерения в динамическом эксперименте	лекция	3
24.11.2017	8. Генерация сверхсильных магнитных полей.	лекция	3
01.12.2017	9. Измерение импульсных магнитных полей, токов и высоких напряжений	лекция	3
08.12.2017	10. Современные промышленные ВВ и их практическое применение.	семинар	2
08.12.2017	11. Классификация взрывчатых веществ	семинар	2
15.12.2017	12. Термохимия и термодинамика взрывных процессов	семинар	2
22.12.2017	13. Основные зависимости для детонационных	семинар	2

	волн		
29.12.2017	14. Безопасность обращения с ВМ. Современные стандартные методы испытаний веществ на взрывоопасность	семинар	2
		итого	37

Самостоятельная работа

Сроки выполнения	Тема для изучения	Форма выполнения	Кол-во часов
13.10.2017	1. Введение	Домашнее задание	2
20.10.2017	2. Теория ударных волн. Волна разрежения.	Домашнее задание	2
27.10.2017	3. Гидродинамическая теория детонации.	Домашнее задание	2
03.11.2017	4. Методы получения сильных ударных волн	Домашнее задание	2
10.11.2017	5. Уравнение состояния вещества	Домашнее задание	2
17.11.2017	6. Излучательные свойства ударных волн	Домашнее задание	2
24.11.2017	7. Электрические измерения в динамическом эксперименте	Домашнее задание	4
01.12.2017	8. Генерация сверхсильных магнитных полей.	Домашнее задание	2
08.12.2017	9. Измерение импульсных магнитных полей, токов и высоких напряжений	Домашнее задание	2

08.12.2017	10. Современные промышленные ВВ	Домашнее задание	2
15.12.2017	11. Классификация взрывчатых веществ	Домашнее задание	2
22.12.2017	12. Термохимия и термодинамика взрывных процессов	Домашнее задание	2
29.12.2017	13. Основные зависимости для детонационных волн	Домашнее задание	2
26.01.2018	14. Безопасность обращения с ВМ. Современные стандартные методы испытаний веществ на взрывоопасность	Домашнее задание	4
		итого	30

Итоговое занятие

Сроки выполнения	Тема для изучения	Форма выполнения	Кол-во часов
26.01.2018	Зачетное занятие на 7й семестр	Зачет	5
		итого	5

11. Ресурсное обеспечение:

Основная литература

1. Я.Б.Зельдович, Ю.П.Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. Наука, Москва, 2008.
2. Физика взрыва / под ред. Л.П. Орленко. Изд. 3. Т.1. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2002.
3. Н.В.Карлов, Н.А.Кириченко. Колебания, волны, структуры.М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
4. В.Е.Фортов, А.Г.Храпак, И.Т.Якубов. Физика неидеальной плазмы. М.: Физматлит, 2004.

Дополнительная литература

1. Я.Б.Зельдович, Г.И.Баренблатт, В.Б.Либрович, Г.М.Махвиладзе. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука, 1980.
2. Д.А.Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука. 1987.
3. Т.Кнопфель . "Сверхсильные импульсные магнитные поля". М.: Мир, 1972.
4. А.Гейдон, И.Герл "Ударная труба в химической физике высоких температур". М.: Мир, 1966.
5. Бушман А.В., Фортов В.Е. Модели уравнения состояния вещества // УФН. - 1983. - Т.140.
6. Альтшулер Л.В. Применение ударных волн в физике высоких давлений // УФН. -1965. - Т.85. - С.197-258.
7. Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. М.: Недра, 1988.
8. М.А. Кук. Наука о промышленных взрывчатых веществах// Пер. с англ.- М: Наука.-1980.
9. К. Юхансон, П.Персон. Детонация взрывчатых веществ: Пер. с англ.. М: Мир.-1973.
9. 4. Рекомендации по перевозке опасных грузов. Руководство по испытаниям и критериям. Четвертое пересмотренное издание: Пер. с англ.- Нью-Йорк и Женева: ООН.-2003.

12. **Язык преподавания** - русский

13. **Преподаватель** - Мишцев Виктор Борисович

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Экстремальные состояния вещества в природе и технике» на основе Карт компетенций выпускников программ аспирантуры МГУ

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине из соответствующих Карт компетенций					ОЦЕН ОЧНЫ Е СРЕДС ТВА
	1	2	3	4	5	
	<i>Неудовлетворительн о</i>	<i>Неудовлетворительн о</i>	<i>Удовлетворительн о</i>	<i>Хорошо</i>	<i>Отлично</i>	
ВЛАДЕТЬ: Методами получения сильных ударных волн, навыками математических расчетов динамики взрывной волны, навыками создания высоких магнитных полей, навыками работы со специальной справочной	Отсутствие навыков владения методами получения сильных ударных волн, методами математического расчета динамики взрывной волны, навыками создания высоких магнитных полей, работы со специальной справочной	Фрагментарные навыки владения методами получения сильных ударных волн, методами математического расчета динамики взрывной волны, навыками создания высоких магнитных полей, работы со специальной справочной	В целом удовлетворительны е, но не систематизированн ые навыки владения методами получения сильных ударных волн, методами математического расчета динамики взрывной волны, навыками создания высоких магнитных полей,	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков владения методами получения сильных ударных волн, методами математического расчета динамики взрывной волны, навыками создания высоких магнитных полей,	Успешное и систематическое применение навыков владения методами получения сильных ударных волн, методами математического расчета динамики взрывной волны, навыками создания высоких магнитных полей, работы со	Практич еское контрол ьное задание

технической литературой, способностью постановки и обработки результатов физико-химического эксперимента, экспериментальными методами отыскания ударных адиабат, методами измерения температуры, расчетными методами определения параметров детонации. Шифр: В1 (ПК-3)	технической литературой, постановкой и обработкой результатов физико-химического эксперимента, экспериментальными методами отыскания ударных адиабат, методами измерения температуры, расчетными методами определения параметров детонации.	технической литературой, постановкой и обработкой результатов физико-химического эксперимента, экспериментальными методами отыскания ударных адиабат, методами измерения температуры, расчетными методами определения параметров детонации.	работы специальной справочной технической литературой, постановкой и обработкой результатов физико-химического эксперимента, экспериментальными методами отыскания ударных адиабат, методами измерения температуры, расчетными методами определения параметров детонации.	работы специальной справочной технической литературой, постановкой и обработкой результатов физико-химического эксперимента, экспериментальными методами отыскания ударных адиабат, методами измерения температуры, расчетными методами определения параметров детонации.	специальной справочной технической литературой, постановкой и обработкой результатов физико-химического эксперимента, экспериментальными методами отыскания ударных адиабат, методами измерения температуры, расчетными методами определения параметров детонации.	
УМЕТЬ: построить термодинамически полное уравнение состояния по результатам динамических измерений, обрабатывать данные динамических	Отсутствие умений построить термодинамически полное уравнение состояния по результатам динамических измерений, обрабатывать данные динамических экспериментов,	Фрагментарные умения построить термодинамически полное уравнение состояния по результатам динамических измерений, обрабатывать данные динамических экспериментов,	В целом удовлетворительные, но не систематизированные умения построить термодинамически полное уравнение состояния по результатам динамических	В целом удовлетворительные, но содержащее отдельные пробелы умения построить термодинамически полное уравнение состояния по результатам динамических измерений, обрабатывать данные динамических	Сформированные умения построить термодинамически полное уравнение состояния по результатам динамических измерений, обрабатывать данные динамических экспериментов,	Письменные вопросы

экспериментов, генерировать и измерять сверхсильные импульсные магнитные поля, токи и высокие напряжения, проводить современные высокотехнологичные эксперименты по испытанию веществ на взрывоопасность Шифр: У1 (ПК-3)	генерировать и измерять сверхсильные импульсные магнитные поля, токи и высокие напряжения, проводить современные высокотехнологичные эксперименты по испытанию веществ на взрывоопасность	генерировать и измерять сверхсильные импульсные магнитные поля, токи и высокие напряжения, проводить современные высокотехнологичные эксперименты по испытанию веществ на взрывоопасность	измерений, обрабатывать данные динамических экспериментов, генерировать и измерять сверхсильные импульсные магнитные поля, токи и высокие напряжения, проводить современные высокотехнологичные эксперименты по испытанию веществ на взрывоопасность	ывать данные динамических экспериментов, генерировать и измерять сверхсильные импульсные магнитные поля, токи и высокие напряжения, проводить современные высокотехнологичные эксперименты по испытанию веществ на взрывоопасность	генерировать и измерять сверхсильные импульсные магнитные поля, токи и высокие напряжения, проводить современные высокотехнологичные эксперименты по испытанию веществ на взрывоопасность	
ЗНАТЬ: принципы динамической генерации и диагностики, структуру волн сжатия и разрежения в упругопластическом теле и в среде с фазовыми превращениями, принципы распространения	Отсутствие знаний о принципах динамической генерации и диагностики, структуре волн сжатия и разрежения в упругопластическом теле и в среде с фазовыми превращениями, принципах распространения ударных волн в	Фрагментарные представления о принципах динамической генерации и диагностики, структуре волн сжатия и разрежения в упругопластическом теле и в среде с фазовыми превращениями, принципах распространения	Неполные представления о принципах динамической генерации и диагностики, структуре волн сжатия и разрежения в упругопластическом теле и в среде с фазовыми превращениями, принципах распространения	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о принципах динамической генерации и диагностики, структуре волн сжатия и разрежения в упругопластическом теле и в среде с фазовыми превращениями,	Сформированные систематические представления о принципах динамической генерации и диагностики, структуре волн сжатия и разрежения в упругопластическом теле и в среде с фазовыми превращениями,	Письменные вопросы

ударных волн в реагирующей среде, экспериментальные методы отыскания ударных адиабат, термохимию и термодинамику взрывных процессов, принципы безопасного обращения с взрывчатыми веществами	реагирующей среде, экспериментальных методах отыскания ударных адиабат, термохимии и термодинамике взрывных процессов, принципах безопасного обращения с взрывчатыми веществами	ударных волн в реагирующей среде, экспериментальных методах отыскания ударных адиабат, термохимию и термодинамику взрывных процессов, принципах безопасного обращения с взрывчатыми веществами	ударных волн в реагирующей среде, экспериментальных методах отыскания ударных адиабат, термохимию и термодинамику взрывных процессов, принципах безопасного обращения с взрывчатыми веществами	принципах распространения ударных волн в реагирующей среде, экспериментальных методах отыскания ударных адиабат, термохимии и термодинамике взрывных процессов, принципах безопасного обращения с взрывчатыми веществами	принципах распространения ударных волн в реагирующей среде, экспериментальных методах отыскания ударных адиабат, термохимии и термодинамике взрывных процессов, принципах безопасного обращения с взрывчатыми веществами	
Шифр: 31 (ПК-3)						

Фонды оценочных средств

Вопросы и задания текущего, промежуточного и итогового контроля

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

1. Определения взрывчатого вещества, детонации, понятие критического диаметра.
2. Факторы, влияющие на безопасность обращения с ВВ.
3. Иницирующие ВВ: свойства, основные представители.
4. Бризантные ВВ: свойства, основные представители.
5. Понятие бризантности и фугасности.
6. Смесевые ВВ: классы, основные представители.
7. Простейшие взрывчатые смеси. Водосодержащие промышленные ВВ. Эмульсионные ВВ.
8. Основные зависимости детонации.
9. Нитрат аммония физико-химические и взрывчатые свойства.
10. Теплота взрыва: понятие, принципы и пример расчета
11. Кислородный баланс: определение, пример расчета.
12. Уравнения реакции разложения: принципы и пример написания.
13. Методы измерения уравнения состояния вещества.
14. Излучательные свойства ударных волн.
15. Электрические измерения в динамическом эксперименте.
16. Генерация сверхсильных магнитных полей.
17. Методы измерения импульсных магнитных полей, токов и высоких напряжений.
18. Теория ударных волн.

19. Волна разрежения.

20. Гидродинамическая теория детонации.

21. Методы получения сильных ударных волн