


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
в городе Сарове

«УТВЕРЖДАЮ»



Директор филиала МГУ в г.Сарове
Член-корреспондент РАН В.В. Воеводин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины:

Гидродинамика, ударные и детонационные волны ч.2

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Теоретическая физика

Квалификация «Магистр»

Форма обучения: Очная

Саров 2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика в редакции приказа по МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366.

Разработчики программы:

Сысоев Николай Николаевич, доктор физ.-мат. наук, профессор

Уваров Александр Викторович, доктор физ.-мат наук, профессор.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:
вариативная часть, дисциплина по выбору

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):
Бакалавр по любой физико-математической специализации. Курсы математического анализа, линейной алгебры и дифференциальных уравнений, курс молекулярной физики из курса общей физики.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<ul style="list-style-type: none">Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений в области теоретической физики в своей научно-исследовательской деятельности (СПК-1).	<p>ЗНАТЬ основные законы и направления современных научных исследований в области теоретической физики</p> <p>УМЕТЬ на основе фундаментальных знаний в области теоретической физики, определять возможные направления научных исследований.</p> <p>ВЛАДЕТЬ необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования области теоретической физики.</p>
<ul style="list-style-type: none">Способность организовать и планировать физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных	<p>ЗНАТЬ базовые принципы организации научных исследований с использованием информационных технологий, основные методики работы на современном научном оборудовании.</p> <p>УМЕТЬ используя знания в области теоретической физики проводить научные исследования.</p> <p>ВЛАДЕТЬ навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов.</p>

технологий (СПК-2).	
<ul style="list-style-type: none"> Способность определять основные направления внедрения научных результатов в области теоретической физики (СПК-3). 	<p>ЗНАТЬ основные направления инновационного развития в области теоретической физики.</p> <p>УМЕТЬ проводить необходимый анализ современных тенденций научных инноваций в области теоретической физики для подготовки предложений по внедрению полученных научных результатов.</p> <p>ВЛАДЕТЬ методами обоснования возможного применения полученных научных результатов с учетом современных достижений в области теоретической физики.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 (2+2) з.е. Дисциплина по выбору читается во 2 семестре.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные грузозатраты обучающегося		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы				
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
Тема 2-1. Система гидродинамических уравнений при наличии объемного энерговыделения. Релаксационные процессы и химические реакции.	2		2	4	тестирование
Тема 2-2. Основы химической кинетики.	2		2	2	опрос
Тема 2-3. Теория теплового взрыва и открытые системы.	2		2	4	контрольная

Тема 2-4. Сильный взрыв в однородной атмосфере.	4		4	8	тестирование
Тема 2-5. Детонационные волны.	2		2	4	опрос
Тема 2-6. Химические реакции в детонационных волнах.	2		2	4	тестирование
Тема 2-7. Устойчивость детонационных волн.	4		4	8	контрольная
Тема 2-8. Переход детонационной волны в ударную.	2		2	4	опрос
Тема 2-9. Электромагнитные явления в детонационных волнах. Светодетонационные волны.	2		2	4	тестирование
Тема 2-10. Сходящиеся волны. Кавитация. Кумуляция.	4		4	8	тестирование
Тема 2-11. Проблема получения высоких давлений и температур в лабораторных условиях. Понятие об экстремальных состояниях вещества.	2		2	4	тестирование
Тема 2-12. Горение и детонация.	4		4	8	контрольная
Другие виды самостоятельной работы (при наличии): <i>Например,</i> <i>Курсовая работа</i> <i>Творческая работа (эссе)</i> ...	—	—			—
Промежуточная аттестация (зачет(ы) и (или) экзамен(ы))					—
Итого					—

Примеры форм текущего контроля успеваемости:

опрос;

тестирование;

контрольная работа;

коллоквиум;

реферат и и.д.

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 2-1. Система гидродинамических уравнений при наличии объемного энерговыделения. Релаксационные процессы и химические реакции.	Релаксационные процессы в газах. Колебательная, вращательная релаксация. Химическая кинетика. Электронное возбуждение и ионизация. Релаксационная зона за фронтом ударной волны. Замороженная и равновесная адиабаты Гюгонио. Границы применимости приближения политропного газа.
2.	Тема 2-2. Основы химической кинетики.	Классификация химических реакций. Переходный комплекс и энергия активации. Закон Аррениуса. Брутто-реакции и разбиение на элементарные процессы. Закон действующих масс. Горение водорода как пример экзотермической реакции. Уровни описания процесса горения водорода. Кинетические базы данных и генераторы химических уравнений.
3.	Тема 2-3. Теория теплового взрыва и открытые системы.	Стационарная теория теплового взрыва в постановке Семенова и Франк-Каменецкого, Учет обратных процессов. Гистерезис. Теория теплового взрыва как модель открытой системы.
4.	Тема 2-4. Сильный взрыв в однородной атмосфере.	Сильный взрыв в однородной атмосфере. Приближение точечного взрыва. Условие политропности и пределы его выполнимости. Приближение Черного.
5.	Тема 2-5. Детонационные волны.	Детонационные волны. Замороженная и равновесная адиабаты. Точка Жуге. Зависимость скорости детонационной волны от энерговыделения в газе. Пересжатая детонация. Особенности распространения детонационных волн в конденсированных средах. Приближенные методы расчета параметров детонационной волны в конденсированных средах.
6.	Тема 2-6. Химические реакции в детонационных волнах.	Расчет параметров тепловыделения в зависимости от состава детонационной смеси. Кислородный коэффициент. Классификация взрывчатых веществ в зависимости от химического состава. Точные и приближенные методы расчета тепловыделения за фронтом детонационной волны.
7.	Тема 2-7. Устойчивость детонационных волн. Переход детонационной волны в ударную.	Критерии возникновения детонационных волн. Усиление малых возмущений в средах с энерговыделением. Устойчивость детонационной волны. Структура фронта детонационной волны.
8.	Тема 2-8. Переход детонационной волны в ударную.	Переход детонационной волны в ударную. Продукты взрыва. Температуры, давления и параметры излучения на разных стадиях взрыва.
9	Тема 2-9. Электромагнитные явления в детонационных волнах. Светодетонационные волны.	Электромагнитные явления на разных стадиях распространения взрывной волны. Вклад продуктов детонации и нагретого воздуха. Поглощение внешнего излучения за фронтом детонационной волны. Основные особенности светодетонационных волн.
210.	Тема 2-10. Сходящиеся волны. Кавитация. Кумуляция.	Особенности сходящихся волн. Кавитация. Потеря устойчивости, ограничения на предельно достигаемые параметры. Гидродинамическая теории кумуляции. Физические основы теории проникновения кумуляционной струи в преграду. Использование кумуляции в прикладных и фундаментальных задачах.
11.	Тема 2-11. Проблема получения высоких давлений и температур в лабораторных условиях. Понятие об экстремальных состояниях вещества.	Свойства вещества при высоких давлениях и температурах. Вселенная и экстремальные состояния вещества. Моделирование и эксперимент. Роль взрывных процессов в исследованиях экстремальных состояний вещества.
12	Тема 2-12. Горение и детонация.	Медленные режимы распространения возмущений в реагирующих средах. Основные особенности волн горения. Роль диффузии и теплопроводности в волне горения. Зависимость скорости волны горения от скорости химических реакций. Неустойчивость волн горения и переход к детонации.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Насколько нужно уменьшить толщину слоя, чтобы увеличение энерговыделения в 2 раза не привело к изменению условий для теплового взрыва по температуре окружающей среды? Задачу решить в приближении Франк-Каменецкого. Задача 2. В чем отличие ВВ от обычных горючих материалов (уголь, бензин и др)? 3. Что такое константа Грюнайзена? 4. Почему для начала экзотермической реакции требуется достижения определенной энергии сталкивающихся частиц? 5. Написать уравнение для кислородного баланса, если в состав ВВ входит Al, который окисляется до Al_2O_3 6. Что такое прямая Михельсона? 7. Как меняется температура Дебая при прохождении ударной волны и почему? 8. Смысл введения аммиачной селитры в состав ВВ. 9. Основные способы сварки взрывом. 10. Преобразование энергии при распространении ДВ в жидкости.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Различия в уравнении состояния для газовых и конденсированных сред. 2. Изменение соотношений Рэнкина-Гюгонио при наличии теловыделения в зоне детонационной волны. 3. Расчет скорости детонационной волны в зависимости от энерговыделения. 4. Реализация экстремальных состояний вещества на основе воздействия лазерного излучения, сильнооточных пучков, разрядов, импактного воздействия. 5. Светодетонация – в чем сходство и в чем отличие от классической детонации? 6. Горение и детонация – сходства и различия. 7. Кавитация – основные особенности и достигаемые параметры. 8. Особенности взрыва в жидких средах. 9. Упрочнение и сварка взрывом – преимущества и недостатки. 10. Переход детонационной волны в ударную. Распад разрыва.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986.
2. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Наука, 1963.
3. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.М. Математическая теория горения и взрыва. Наука, 1980.
4. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. — М.: Интеллект, 2008
5. Сысоев Н.Н., Селиванов В.В., Хахалин А.В. Физика горения и взрыва, в 3 частях. М.:Изд-во Московского университета. 2018.
6. Мурсенкова И.В., Сысоев Н.Н., Уваров А.В. Основы физической гидродинамики М. Физический факультет МГУ, 2015.
7. Физика взрыва. Под ред. Л.П. Орленко, В 2т М.:Физматлит, 2004.
8. Осипов А.И., Сысоев Н.Н., Уваров А.В. Современная молекулярная физика. Неравновесный газ. Учебное пособие. М.: Физический факультет МГУ, 2006.

9. Знаменская И.А., Иванов И.Э., Орлов Д.М., Сысоев Н.Н. Импульсное воздействие на ударную волну при самолокализации сильноточного поверхностного разряда перед ее фронтом. Доклады академии наук, 2009. Т. 425. №2. С. 1-4.
- 10.Фортов В.Е. Лекции по физике экстремальных состояний вещества, Изд-во МЭИ, 2017.
- 11 .Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В. Возбуждение и распространение взрывных превращений в зарядах взрывчатых веществ, Изд-во МГТУ, 2017.
12. Воронин М.С. Физика взрыва и удара ,Изд-во НГТУ,2019.

Дополнительная литература

1. Фортов В.Е.Экстремальные состояния вещества на Земле и в космосе.// Успехи физических наук, 2009, т.179, №6, с.653-687.
2. Сысоев Н.Н., Шугаев Ф.В. Ударные волны в газах и конденсированных средах. Учебное пособие. М.Изд-во МГУ, 1987.
3. Осипов А.И., Уваров А.В. Неравновесный газ: проблемы устойчивости. //Успехи физических наук, 1996, т.166, с.639-650.
4. Azatyan V.V. Kinetics and Catalysis, Springer,2020.
5. Эквист Б.В. Теория детонации взрывчатых веществ, изд-во МИСиС,2016.
- 6.Fotia M., Hoke J. Schauer F. Experimental Performance Scaling of Rotating Detonation Engines Operated on Gaseous Fuels//J. Prop.Power, V33, N5, 2017,1-10.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Compute Node for Power, LE, Self-support 4 шт. №5540331
2. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Head Node for Power, LE, Standard 1 шт. №5540332
3. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 11 SP4 for x86_64 16 шт.
4. Операционная система Red Hat Enterprise Linux Server 5.0 for x86_64 14шт.
5. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 10 SP3 for ppc64 7 шт.
6. Операционная система Ubuntu 18.04.
7. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox
8. Операционная система ALTLinuxMATEStarterkit 9 лицензияGPL
9. Программный продукт JetBrains IntelliJ IDEA Community Edition Free Educational Licenses
10. Программный продукт JetBrainsPyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrainsCLion Community Edition Free Educational Licenses

12. Программный продукт UPPAAL (<http://www.uppaal.org/>) академическая лицензия
13. Программный продукт Java 8 (64-bit) Oracle Corporation
14. Программный продукт Java SE Development Kit 8(64-bit) Oracle Corporation
15. Программный продукт NetBeans IDE 8.2 NetBeans.org
16. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
17. Программный продукт CodeBlocks The Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0 Free Pascal Team
19. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit) Python Software Foundation
20. Программный продукт R for Windows 3.2.2 R Core Team
21. Программный продукт Haskell Platform 7.10.3 Haskell.org
22. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
23. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
24. Программный продукт Microsoft Project Professional 2013 академическая лицензия
25. Программный продукт Microsoft Visio Professional 2013 академическая лицензия
26. Программный продукт Microsoft Visual Studio Professional 2013 - RUS [Русский (Россия)] академическая лицензия

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

7.4. Описание материально-технического обеспечения.

Аудитория, доска, мел.

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.