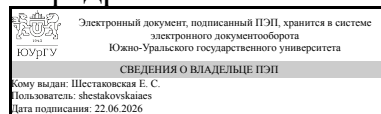


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



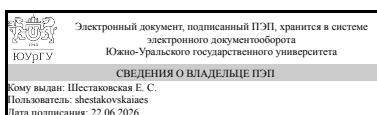
Е. С. Шестаковская

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М1.03 Теория горения
для направления 03.04.01 Прикладные математика и физика
уровень Магистратура
магистерская программа Физическая и химическая механика сплошных сред
форма обучения очная
кафедра-разработчик Вычислительная механика

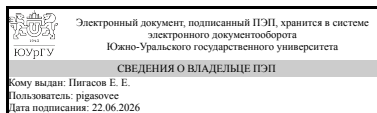
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 898

Зав.кафедрой разработчика,
к.физ.-мат.н., доц.



Е. С. Шестаковская

Разработчик программы,
старший преподаватель



Е. Е. Пигасов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель курса «Теория горения» - подготовка научных работников, для которых овладение методами теоретических расчетов в области физики и химии горения является необходимым элементом профессиональной подготовки. Конкретные задачи курса сводятся к следующему: 1. Овладение основными теоретическими представлениями и методами теории воспламенения, зажигания и распространения волн горения в газообразных и конденсированных реагирующих средах, гомогенного и гетерогенного горения. 2. В ходе изучения данного курса студент должен усвоить основные теоретические и методические принципы современной теории горения и научиться применять их на практике для выполнения практических расчетов процессов горения.

Краткое содержание дисциплины

Введение в физику горения. Основы химической кинетики. Введение в макроскопическую кинетику. Введение в химическую термодинамику и термохимию. Теория воспламенения. Теория зажигания. Теория распространения волн горения. Горение конденсированных веществ.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов механики сплошных сред	Знает: подходы и методы теории горения Имеет практический опыт: применения современных программных средств и методов математического моделирования при решении задач теории горения

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Теория детонации, Физика взрыва и удара	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Физика взрыва и удара	Знает: классификацию взрывчатых веществ, взрывных процессов Умеет: записывать уравнения взрывчатого превращения, рассчитывать основные параметры взрыва и параметры детонации Имеет практический опыт: расчета параметров детонационной волны, параметров кумулятивного заряда, работоспособности и брызгантности взрывчатых

	веществ
Теория детонации	Знает: режимы детонации, механизмы распространения детонации в различных средах Умеет: решать задачи на определение параметров режима детонации; рассчитывать воздействие детонационных волн на преграду Имеет практический опыт:

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,5	69,5
Подготовка к практическим работам	44,5	44,5
Подготовка к экзамену	10	10
Подготовка к устным опросам	15	15
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение в физику горения	2	2	0	0
2	Основы химической кинетики	20	8	12	0
3	Теория воспламенения	18	8	10	0
4	Теория зажигания	8	6	2	0
5	Теория распространения волн горения	14	6	8	0
6	Горение конденсированных веществ	2	2	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Краткая история науки о горении. Основные представления теории горения: понятие горения, критические явления, критические условия, явления самораспространения пламени. Основные процессы горения: гомогенное, гетерогенное горение и их разновидности.	2

2	2	Основные представления химической кинетики: открытые и замкнутые системы, гомогенные и гетерогенные реакции, простые и сложные реакции, стехиометрическое уравнение реакции, скорость химической реакции, закон действующих масс. Молекулярность элементарной реакции. Константа скорости реакции, закон Аррениуса. Энергия активации. Понятие об активированном комплексе. Химическое равновесие, константа равновесия. Подвижность состояния равновесия химической реакции.	2
3	2	Формальная кинетика простых и сложных реакций. Реакции первого, второго и третьего порядка и их кинетические закономерности. Общие методы определения порядка реакции. Кинетика поверхностных реакций. Метод квазистационарных концентраций.	2
4	2	Каталитические реакции. Автокаталитические реакции. Цепные реакции. Зарождение, разветвление, продолжение и обрыв цепей. Неразветвленные цепные реакции, реакция хлорирования водорода.	2
5	2	Разветвленные цепные реакции, реакция окисления водорода. Цепное воспламенение. Три предела воспламенения водорода и их механизмы. Цепные реакции с энергетическим разветвлением цепей, реакция фторирования водорода.	2
6	3	Математическая постановка задач в теории воспламенения. Преобразование Франк-Каменецкого. Методы обезразмеривания уравнений теории воспламенения. Критерии подобия теории воспламенения.	2
7	3	Теория теплового самовоспламенения Н.Н. Семенова. Стационарная теория теплового воспламенения Д.А. Франк-Каменецкого. Аналитическое решение для плоского слоя и цилиндра. Сопоставление с результатами численного анализа.	2
8	3	Краевая задача теории теплового воспламенения. Адиабатический тепловой взрыв.	2
9	3	Нестационарная теория теплового воспламенения. Численный анализ задачи о тепловом взрыве.	2
10	4	Несимметричное воспламенение в плоской щели. Задача о переходе от воспламенения к зажиганию. Методы зажигания. Математическая постановка задач теории зажигания.	2
11	4	Обезразмеривание системы уравнений теории зажигания. Условия зажигания. Зажигание накаливаемой поверхностью (г. у. I рода). Стационарная теория зажигания Я.Б. Зельдовича.	2
12	4	Результаты численного анализа задачи о зажигании накаливаемой поверхностью в импульсной постановке. Учет выгорания реагентов. Зажигание тонкой пластины горячим телом при продолжительном действии источника тепла. Физические основы адиабатического метода. Зажигание К-вещества лучистой энергией (граничные условия II рода).	2
13	5	Экспериментальные методы исследования скорости горения. Зависимость скорости горения вещества от параметров среды. Понятие о медленном горении, детонации и нормальной скорости горения. Постановка задач в теории теплодиффузионного распространения пламени. Стационарные режимы распространения пламени. Подobie температур и концентраций в пламени. Введение безразмерных переменных.	2
14	5	Постановка задач в теории теплодиффузионного распространения пламени. Стационарные режимы распространения пламени. Подobie температур и концентраций в пламени. Введение безразмерных переменных. Формулировка задачи о распространении пламени как задачи о собственном значении.	2
15	5	Формула для скорости распространения пламени в газе. Метод Зельдовича - Франк-Каменецкого. Зависимость скорости горения от параметров среды. Понятие о пределах распространения пламени.	2

16	6	Общее понятие о скорости распространения стационарного пламени в конденсированной фазе. Экспериментальные данные по горению баллистических порохов в широком диапазоне изменения давлений. Теория горения летучих взрывчатых веществ и порохов Беляева-Зельдовича.	2
----	---	--	---

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Открытые и замкнутые системы, гомогенные и гетерогенные реакции, простые и сложные реакции.	2
2-3	2	Стехиометрическое уравнение реакции, скорость химической реакции, закон действующих масс. Молекулярность элементарной реакции. Константа скорости реакции, закон Аррениуса. Энергия активации.	4
4-5	2	Разветвленные цепные реакции, реакция окисления водорода.	4
6	2	Реакция окисления метана.	2
7-9	3	Нестационарный тепловой взрыв в адиабатическом реакторе. Воспламенение водорода.	6
10-11	3	Нестационарный тепловой взрыв в адиабатическом реакторе. Воспламенение метана.	4
12	4	Осцилляционное горение водород-кислородной смеси в проточном реакторе идеального смешения.	2
13-15	5	Макрокинетическая модель дефлаграционной волны горения.	6
16	5	Зависимость скорости горения от параметров среды.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к практическим работам	ПУМД: осн. 1; ЭУМД: осн. 1, доп. 1.	3	44,5
Подготовка к экзамену	ПУМД: осн. 1; ЭУМД: осн. 1, доп. 1.	3	10
Подготовка к устным опросам	ПУМД: осн. 1; ЭУМД: осн. 1, доп. 1.	3	15

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в
------	----------	--------------	-----------------------------------	-----	------------	---------------------------	---------------

							ПА
1	3	Текущий контроль	Практическое задание № 1	1	5	5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в работе допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - работа не представлена.	экзамен
2	3	Текущий контроль	Устный опрос № 1	1	10	Устный опрос содержит два теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4 балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов.	экзамен
3	3	Текущий контроль	Практическое задание № 2	1	5	5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в работе допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - работа не представлена.	экзамен
4	3	Текущий контроль	Устный опрос № 2	1	10	Устный опрос содержит два теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: дан полный ответ на вопрос - 5 баллов; дан полный ответ на вопрос, но имеются неточности в ответе - 4 балла; дан неполный ответ на вопрос, выделены основные положения - 3 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены 1-2 негрубые ошибки - 2 балла; дан неполный ответ на вопрос, допущены грубые ошибки - 1 балл; ответ отсутствует - 0 баллов.	экзамен
5	3	Текущий контроль	Практическое задание № 3	1	5	5 баллов - задание выполнено верно; 4 балла - задание выполнено верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат; 3 балла - в задании допущены 1-2 ошибки; 2 балла - в работе допущены 3 ошибки; 1 балл - в задании допущено более трёх ошибок; 0 баллов - работа не представлена.	экзамен
6	3	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	15	Студенту выдается билет, содержащий 3 теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале: 5 баллов - студент безошибочно ответил на	экзамен

					вопрос, демонстрирует системные и достаточно глубокие знания, владеет необходимой терминологией; 4 балла - студент в полном объеме ответил на вопрос, допущены незначительные неточности; 3 балла - студент дал неполный ответ на вопрос, но в ходе собеседования ответил на дополнительные вопросы по билету; 2 балла - студент дал неполный ответ на вопрос, в ходе собеседования не ответил на дополнительные вопросы по билету; 1 балл - в ответах студент допустил ошибки и не смог их исправить в ходе собеседования; 0 баллов - ответ отсутствует.	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине проводится на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Прохождение всех контрольно-рейтинговых мероприятий текущего контроля обязательно. Если студент желает повысить свой рейтинг, то он проходит мероприятие промежуточной аттестации. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время экзамена в виде устного опроса. Студенту выдается билет, содержащий 3 теоретических вопроса из разных тем курса. На подготовку дается 1 час, после чего проводится собеседование.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ПК-1	Знает: подходы и методы теории горения	++			++	++	
ПК-1	Имеет практический опыт: применения современных программных средств и методов математического моделирования при решении задач теории горения				+		++

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Рябинин, В. К. Математическая теория горения Текст курс лекций В. К. Рябинин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Вычисл. механика сплошных сред ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2014. - 440 с. ил., фот.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Физика Горения и Взрыва
2. Доклады Российской Академии Наук
3. Combustion and Flame

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов: методические указания.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Организация и методическое сопровождение самостоятельной работы студентов: методические указания.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Гельфанд, Б. Е. Водород: параметры горения и взрыва / Б. Е. Гельфанд, О. Е. Попов, Б. Б. Чайванов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 288 с. http://e.lanbook.com/book/2680
2	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Штейнберг, А. С. Быстрые реакции в энергоемких системах: высокотемпературное разложение ракетных топлив и взрывчатых веществ : монография / А. С. Штейнберг. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 208 с. http://e.lanbook.com/book/2706

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(бессрочно)
4. -Maple 13(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	708а (1)	мультимедийное оборудование
Практические	707	компьютерный класс с пакетом MATLAB

занятия и семинары	(1)	
--------------------	-----	--