

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

Макрокинетика

по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки:

Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

ПК-1 Способен использовать методы математического моделирования тепловых процессов, формулировать задачи компьютерных исследований процессов теплообмена при разработке изделий РКТ.

ПК-3 Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера при разработке новых материалов, технологий и устройств.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерные технологии для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

РОПК - 1.1 Знает модели математического описания процессов теплообмена

РОПК - 1.2 Умеет использовать стандартные методики и разрабатывать новые подходы математического моделирования

РОПК - 3.1 Знает фундаментальные законы в области теплофизики и механики сплошных сред

РОПК - 3.2 Умеет проводить компьютерный эксперимент в области теплофизики и аэрогидродинамики

2. Задачи освоения дисциплины

– В результате изучения дисциплины учащийся получит знания основных закономерностей и скоростей прохождения химических высокоэнергетических процессов, освоит приемы моделирования и основные методы исследования процессов взрывчатого превращения, будет уметь анализировать условия теплового самовоспламенения и зажигания, определять режимы и параметры воспламенения и горения высокоэнергетических систем.

– Научиться применять математический аппарат макрокинетики для решения практических задач профессиональной деятельности в области теоретической оценки пожаровзрывобезопасности технологических процессов, связанных с высокоэнергетическими веществами.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Девятый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для изучения и понимания материала данной дисциплины учащийся должен знать химическую кинетику, термодинамику и математическую физику.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 34 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Стационарная теория теплового взрыва Н.Н. Семенова.

Моделирование процессов теплового воспламенения и горения высокоэнергетических веществ. Математическая постановка задач, параметры подобия. Основные критериальные параметры и параметры вырождения процессов теплового воспламенения. Стационарная теория теплового взрыва Н.Н. Семенова.

Тема 2. Стационарная теория теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого.

Математическая постановка задачи в теории теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого. Аналитическое решение задачи для плоскопараллельного реакционного сосуда. Сравнение стационарных теорий теплового взрыва.

Тема 3. Нестационарная теория теплового взрыва.

Математическая постановка. Период индукции. Поправка на выгорание. Квазистационарная теория теплового взрыва систем с самоускоряющейся в изотермических условиях кинетикой. Временные характеристики в квазистационарной теории.

Тема 4. Теория зажигания высокоэнергетических веществ (ВВ) накалиной поверхностью. Термины теории зажигания конденсированных взрывчатых веществ. Стационарная теория зажигания Я.Б. Зельдовича. Зажигание к-вещества горячим телом при импульсном подводе тепла. Нестационарная теория зажигания горячей поверхностью с точки зрения химического погранслоя.

Тема 5. Теория зажигания ВВ лучистым потоком. Математическая постановка задачи зажигания потоком излучения. Критерий зажигания. Адиабатический метод в теории зажигания В.Н. Вилюнова.

Тема 6. Теория ламинарного распространения пламени в газах. Основная задача теории горения. Подobie температурного и концентрационного полей. Метод Я.Б. Зельдовича и Д.А. Франк-Каменецкого определения скорости нормального распространения пламени.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения тестов по лекционному материалу, выполнения элементов курса в образовательной электронной среде, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в девятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=25776>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Электронный учебный курс "Химическая физика теплового взрыва высокоэнергетических веществ" в электронном университете «iDO».

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Д.А. Франк-Каменецкий. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. Долгопрудный: 2008. 408с.;
2. Буркина Р.С., Прокофьев В.Г. Основы химической кинетики: учебное пособие. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета. 2016. -112 с.
3. Коробейничев О. П. Физика и химия горения: Учеб. пособие. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2011, 250 с.
4. Ассовский И.Г. Физика горения и внутренняя баллистика. – М., «Наука», 2005, 357 с.
5. Штейнберг А.С. Быстрые реакции в энергоемких системах. – М.: «Физматлит», 2006, 208 с.
6. Вилунов В.Н. Теория зажигания конденсированных веществ. - Новосибирск, "Наука", 1984, 187 с.

б) дополнительная литература:

- 1. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.И. Математическая теория горения и взрыва. - М., «Наука», 1980, 478с.
2. Зельдович Я.Б. Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика. - М., "Наука", 1984, 374 с.
3. Худяев С.И. Пороговые явления в нелинейных уравнениях. – М.: «Физматлит», 2003, 272 с.
4. Коробейничев О.П. Химическая физика горения. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-а, 2003, 163 с.
5. Штиллер В. Уравнение Аррениуса и неравновесная кинетика. – М.: "Мир", 2000, 176 с.

6. Теория горения и взрыва. / Под ред. Фролова Ю.В. - М., "Наука", 1981, 412 с.
7. Теория горения порохов и взрывчатых веществ. / Под ред. Лейпунского О.И., Фролова Ю.В. - М., «Наука», 1982, 336 с
8. Зельдович Я.Б. Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика. - М., "Наука", 1984, 374 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.
<http://www.consultant.ru>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 – публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юпайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Прокофьев Вадим Геннадьевич, д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры математической физики ФТФ НИ ТГУ.