



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

---

Утверждаю

И.о зав.кафедрой ТТХВ

 Куражов А.С.

**Программа вступительного испытания по программе подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальности «1.3.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика  
экстремальных состояний вещества»**

Казань, 2025

## *1. Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру*

### **1. Физика горения и взрыва**

- 1.1. Современные схемы построения статистической механики.
- 1.2. Ударные адиабаты, зона химической реакции. Описание различных газодинамических эффектов. Пересжатые и недосжатые режимы взрывчатого превращения.
- 1.3. Явление переноса и мгновенное перемешивание в режиме спиновой детонации.
- 1.4. Явление переноса и мгновенное перемешивание в режиме галопирующей детонации.
- 1.5. Механизм образования тройных точек и химизм в них.
- 1.6. Расчет состава продуктов медленного разложения, горения и детонации индивидуальных взрывчатых веществ.
- 1.7. Расчет состава продуктов медленного разложения, горения и детонации смесевых взрывчатых веществ.
- 1.8. Расчет теплоты образования взрывчатых веществ методами квантовой химии.
- 1.9. Расчет направлений протекания химических реакций методами квантовой химии.
- 1.10. Молекулярно-динамические методы расчета газодинамических параметров ПВ.
- 1.11. Уравнения состояния продуктов взрыва.
- 1.12. Кинетика перехода ударно-сжатого взрывчатого вещества в детонационный режим химического взаимодействия.
- 1.13. Модель ЗНД. Химизм, передача ударной волны и детонация нитраминол.
- 1.14. Физико-химические особенности моделей идеального смешения и идеального вытеснения.
- 1.15. Обзор кинетических моделей протекания химического превращения. Кинетика Франк-Каменецкого.
- 1.16. Общая модель взрывчатого превращения вещества. Уравнение состояния конденсированного вещества, упругоэластических процессов, кинетики химических взаимодействий, продуктов взрыва с учетом химизма и размера зоны химических реакций. Описание на примере ТНТ.
- 1.17. Газодинамика в заряде кольцевого типа.
- 1.18. Задача о пересжатой детонации. Задача «движущегося поршня».
- 1.19. Затухание детонации. Причины, химизм, преобладающие реакции.
- 1.20. Синтез материалов ударно-волновыми методами химической физики.
- 1.21. Физико-химические особенности СВС-процесса. Термитная сварка, синтез высокопрочных материалов.
- 1.22. Особенности явления переноса высокоскоростной ударной волны. Легкогазовые устройства.
- 1.23. Химизм ударно-волновой полимеризации.
- 1.24. Химическая физика молекулярных кристаллов ВВ.
- 1.25. Программный комплекс Ansys Fluent и Explicit. Расчет газодинамических потоков.
- 1.26. Расчет теплоты взрывчатого превращения и температуры взрыва. Алгоритм расчета.
- 1.27. Ansys Autodin и LS-Dyna особенности создания газодинамических и кинетических моделей.
- 1.28. Численный метод SPH. Модели газодинамики и кинетики
- 1.29. Полиморфизм, политипизм. Предсказание полиморфных переходов.
- 1.30. Расчет теплофизических свойств теплоемкость, теплопроводность смесей.
- 1.31. Химизм стабилизации взрывчатых материалов.
- 1.32. Химическая физика в работе детонационного ракетного двигателя.
- 1.33. Химизм реактивного двигателя.
- 1.34. Работа горючей смеси в двигателях внутреннего сгорания. Детонация
- 1.35. Моделирование поведения ПВ.
- 1.36. Современное состояние и перспективы развития химической физики.
- 1.37. Кинетическая модель Ли-Тарвера. Описание, применимость, решение.
- 1.38. Расчет и предсказание свойств смесевых ВВ. Два подхода к проектированию веществ с заданными свойствами.

- 1.39. Балансовые законы для  $\delta$ -ударных волн.
- 1.40. Теория подобия. Динамика химически активной вязкой жидкости.
- 1.41. Уравнения пограничной зоны гидро-газодинамики.
- 1.42. Полиморфизм молекулярных кристаллов. Основные типы связей в молекулярных кристаллах.
- 1.43. Термодинамические потенциалы. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса.
- 1.44. Описание поведения вещества при динамических нагрузках на основе законов сохранения массы, энергии и импульса с учетом уравнений состояния

## **2. Газы: квантовая механика и статистическая механика.**

- 2.1. Уравнение состояния для идеального газа .
- 2.2. Квантовая механика одноатомного газа.
- 2.3. Волновое уравнение.
- 2.4. Кинетическая теория газов.
- 2.5. Закон распределения молекул по скоростям.
- 2.6. Закон распределения Больцмана.
- 2.7. Отклонения реальных газов от идеального поведения.

## **3. Химическая термодинамика**

- 3.1. Теплота и работа. Энергия и энтальпия.
- 3.2. Первый закон термодинамики.
- 3.3. Теплоемкость. Теплоты плавления: парообразования и фазовых переходов.
- 3.4. Энтропия. Вероятность состояния изолированной системы.
- 3.5. Абсолютная энтропия идеального газа.
- 3.6. Обратимые и необратимые изменения состояния.
- 3.8. Изменение энтропии системы с изменением температуры.
- 3.9. Теплоемкость двухатомных газов (324).

## **4. Химическое равновесие**

- 4.1. Термодинамические условия химического равновесия.
- 4.2. Давление насыщенного пара над жидкостью и над кристаллом.
- 4.3. Энтропия фазового перехода, плавления и парообразования.
- 4.4. Вандерваальсовы силы. Точки плавления и точки кипения.
- 4.5. Химическое равновесие в газах.
- 4.6. Влияние изменения температуры на равновесие.
- 4.7. Равновесие в гетерогенных системах.
- 4.8. Принцип Ле Шателье.
- 4.9. Правило фаз - метод классификации всех систем, находящихся в состоянии равновесия.
- 4.10. Условия, при которых реакция протекает до конца.

## **5. Скорость химических реакций**

- 5.1. Факторы, влияющие на скорость реакций.
- 5.2. Скорость реакций первого порядка при постоянной температуре.
- 5.3. Реакции высшего порядка.
- 5.4. Механизм реакций. Зависимость скорости реакции от температуры.
- 5.5. Катализ.
- 5.6. Цепные реакции

## **6. Гидродинамика**

- 6.1. Идеальная жидкость. Уравнение Бернулли.
- 6.2. Вязкая жидкость. Ламинарное течение. Турбулентное течение.
- 6.3. Акустика. Звуковые волны.
- 6.4. Ударные волны. Поверхность разрыва. Ударная адиабата.

## **7. Гидродинамика горения.**

7.1. Медленное горение.

7.2. Детонация.

## **8. Энергонасыщенные системы**

8.1. Иницилирующие взрывчатые вещества.

8.2. Бризантные

8.3. Пороха и твердые ракетные топлива.

8.4. Жидкие ракетные топлива.

8.5. Пиротехнические составы.

8.6. Взрывчатые газовые и газодисперсные системы.

### *1. 2. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы вступительного испытания в аспирантуру*

#### **а) основная литература:**

1. Селиванов В.В. Взрывные технологии : учебник для студ. вузов, обуч. по напр. "Машиностроение" / ; .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014 .— 518 с.
2. Теория горения и взрыва: Учебник/В.А.Девисилов, Т.И.Дроздова, А.И.Скушников - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 262 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010477-5, 500 экз.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. – 4-е изд. стер. – М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит. 1988. – 736 с.
4. Физика взрыва / Ф.А. Баум, Л.П. Орленко, К.П. Станюкович и др. М.: Наука, 1975.
5. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. М.: Высш. школа, 1974.
6. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1987.
7. Денисов Е.Т., Саркисов О.М., Лихтенштейн Г.И. Химическая кинетика. М.: Химия, 2000.
8. Физика взрыва/Под ред. Л.П. Орленко. – Изд. 3-е, переработанное. – В 2-х т. Т.1.-М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 832 с.
9. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ и порохов / Г.Б. Манелис, Г.М. Назин, Ю.И. Рубцов, В.А. Струнин. М.: Наука, 1996.
10. Математическая теория горения и взрыва / Я.Б. Зельдович, Г.И. Баренблатт, В.Б. Либрович, Г.М. Махвиладзе. М.: Наука, 1980.
11. Переход горения конденсированных систем и взрыв / А.Ф. Беляев, В.К. Боболев и др. М.: Наука, 1973.
12. Бахман Н.Н., Беляев А.Ф. Горение гетерогенных конденсированных систем. М.: Наука, 1967.
13. Новожилов Б.Н. Нестационарное горение твердых ракетных топлив. М.: Наука, 1973.
14. Ударно-волновые явления в конденсированных средах / Г.И. Канель, С.В. Разоренов, А.В. Уткин, В.Е. Фортов. М.: Янус-К, 1996.

#### **б) дополнительная литература:**

15. Цирельсон В.Г. Квантовая химия. Молекулы. Молекулярные системы. М.: Бинوم. Лаборатория знаний. 2010. – 496 с.
16. Избранные труды : в 4 т. / РАН, Ин-т хим. физики им. Н.Н. Семенова ; отв. ред. А.Е. Шилов, Г.Б. Сергеев. Т.1, Кн.1: Цепные реакции .— М. : Наука, 2004 .— 392 с.

17. Гайнутдинов Р.Ш. Основы технологической безопасности производств энергонасыщенных материалов [Монографии] : монография / Казан. гос. технол. ун-т .— Казань, 2010 .— 476 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.461-471 (118 назв.).

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

1. ЭБС «Znanium.com» » – Режим доступа: <http://znanium.com/>
2. ЭБС «Университетская библиотека Онлайн» – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
3. ЭБС «Книгафонд» - Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/>
4. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
5. Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft>