

**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. АЛЬ-ФАРАБИ**

**Утверждено на заседании  
Академического комитета  
КазНУ им. аль-Фараби  
протокол № 6 от «22» июня 2020 г.  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ Хикметов А.К.**

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ДОКТОРАНТУРУ PhD ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
«8D07103 – ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ И  
ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»**

**АЛМАТЫ 2020**

Программа составлена в соответствии с Государственным общеобразовательным стандартом по специальности «6D073400 – Химическая технология взрывчатых и пиротехнических веществ». Программа составлена к.х.н., доцентом Тулеповым М.И., д.х.н., профессором Мансуровым З.А., к.х.н., и.о. доцентом Кудьяровой Ж.Б.

Программа рассмотрена на заседании кафедры химической физики и материаловедения  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ **Тулепов М.И.**

Одобрена на заседании методбюро факультета химии и химической технологии  
Протокол № \_\_ от \_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Председатель методбюро \_\_\_\_\_ **Мангазбаева Р.А.**

Утверждена на заседании Ученого совета  
Протокол №\_\_ от \_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Председатель Ученого совета,  
декан факультета \_\_\_\_\_ **Тасибеков Х.С.**  
Ученый секретарь \_\_\_\_\_ **Тусупбекова А.С.**

## СОДЕРЖАНИЕ

### 1. Цели и задачи вступительного экзамена по специальности

Поступающие на обучение должны иметь диплом магистра по направлению естественных наук - химии, физики.

Подготовка специалистов в соответствии с самыми высокими академическими стандартами в конкурентной, но стимулирующей образовательной среде, привлекательной для самых лучших обучающихся из Казахстана и других стран в области химической технологии взрывчатых и пиротехнических веществ.

### 2. Требования к уровню подготовки лиц, поступающих в докторантуру PhD

Иметь системные знания в области химии, физики, знать основы пиротехнических и взрывчатых веществ, неорганические и органические, высоко- и низкомолекулярные соединения, углеродсодержащие компоненты и композиции на их основе, демонстрировать детальное понимание методов, применяемых для научных исследований и изысканий.

Форма вступительного экзамена – письменный экзамен. Экзаменуемые записывают свои ответы на вопросы экзаменационного билета на листах ответов, которые проверяется экзаменационной комиссией в зашифрованном виде.

### 3. Пререквизиты образовательной программы

«Современные проблемы процессов горения, детонации и взрыва». «Пиротехнические вещества и средства – классификация, расчет, особенности производства». «Современные проблемы физической химии».

### 4. Перечень экзаменационных тем

#### *Дисциплина «Современные проблемы процессов горения, детонации и взрыва»*

#### 1. Процессы горения, детонации, взрыва

Феноменология пламен. Виды пламен по типу движения: ламинарные и турбулентные; по составу: стехиометрические, богатые и бедные.

Понятие о детонации. Ударные и детонационные волны. Адиабата Гюгонио. Особенности детонации взрывчатых веществ (ВВ).

#### 2. Реакции на поверхности.

Механизм реакций при окислении водорода на поверхности платины. Химическая кинетика и механизм реакции (краткое описание). Квазистационарные состояния. Анализ механизмов реакции. Анализ чувствительности. Пример по скорости пламени для метан-этан-воздушных пламен.

#### 3. Характеристики основных видов пламен

Структура и скорость распределения предварительно перемешанных ламинарных пламен. Процессы воспламенения. Пределы и время задержки воспламенения. Минимальная энергия воспламенения. Искровое воспламенение. P-T-диаграмма воспламенения. Схема установки для изучения пределов воспламенения, диаграмма воспламенения  $C_3H_8+O_2$ .

#### 4. Турбулентное взаимодействующее течение.

Модели и масштабы турбулентности. Химические процессы проходящие предварительно не перемешанных составах. Виды пламен предварительно перемешанных составов. Модели микроламинарных пламен. Скорость распределения турбулентных пламен.

## **5. Горение топлив и образование вредных веществ**

Горение капель и аэрозолей. Горение угля. Окисление углеводородов при высоких температурах. Низкотемпературное окисление.

## **6. Механизмы сажеобразования.**

Образование сажевых частиц при горении углеводородов в электрическом поле. Механизмы сажеобразования: ацетиленный, ароматический, карбонный.

## **7. Образование фуллеренов в пламенах углеводородов.**

Образование оксидов азота при горении. Горение в двигателях внутреннего сгорания. Детонация. Сажеобразование при горении углеводородов. Схема реактора. Методика отбора сажи, экстракции полициклических ароматических углеводородов. Температурные профили, отрицательный температурный коэффициент.

## **8. Макрокинетика.**

Колебательные химические реакции. Холодные пламена. Сажеобразование при горении углеводородов. Образование фуллеренов в режиме горения. Загрязнение окружающей среды оксидами азота. Механизмы образования оксидов азота.

## **9. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС).**

Физико-химические основы СВС – процессов. Общая характеристика СВС-процессов, преимущества перед традиционными методами получения композиционных материалов. Закономерности горения в СВС-системах.

## **10. Сажеобразование.**

Сажеобразование при горении углеводородов. Сажеобразование при низкотемпературном горении метана. Механизмы сажеобразования. Образование фуллеренов в режиме горения.

## *Дисциплина «Пиротехнические вещества и средства – классификация, расчет, особенности производства»*

### **1. Общие понятия о пиротехнике и назначения пиротехнических средств.**

Общие понятия о пиротехнике. Некоторые сведения из истории пиротехники. Классификация пиротехнических средств по их боевому применению. Классификация пиротехнических составов по характеру действия. Общие требования к пиротехническим составам.

### **2. Основные компоненты пиротехнических составов.**

Окислители. Классификация окислителей; технические требования, предъявляемые к окислителям. Гигроскопичность окислителей. Влажность, способы измерения влажности. Горючие. Выбор и классификация горючих. Высококалорийные горючие. Неорганические горючие средней калорийности. Органические горючие. Технические требования, предъявляемые к порошкам металлов. Производство порошков металлов.

### **3. Компоненты пиросоставов.**

Цементаторы и флегматизаторы. Факторы, влияющие на прочность пиропроизделий. Роль связующих, их классификация и свойства. Методы исследования прочности прессованных изделий.

#### **4. Расчет пиротехнических составов.**

Двойные смеси. Расчет двойных смесей по стехиометрическим уравнениям. Тройные и многокомпонентные смеси. Практический расчет тройных и многокомпонентных смесей.

#### **5. Основные характеристики горения пиросоставов.**

Теплота горения пиросоставов. Закон Гесса. Температура горения пиросоставов. Связь между назначением состава и температурой его горения. Экспериментальное определение и теоретический расчет теплоты и температуры горения пиросоставов. Температура вспышки пиротехнических составов. Скорость детонации, бризантность и фугасное действие пиротехнических составов.

#### **6. Физическая и химическая стойкость пиросоставов.**

Факторы, влияющие на физическую и химическую стойкость пиросоставов. Способы повышения стойкости составов. Оценка физической и химической стойкости пиротехнических составов. Методы определения гигроскопичности и химической стойкости. Допустимые сроки хранения. Определение стойкости пиротехнических составов пробой смачивания.

#### **7. Горение пиросоставов.**

Механизм горения пиросоставов. Факторы, влияющие на скорость горения. Взрывчатые свойства пиросоставов. Испытание пиросоставов на наличие взрывчатых свойств. Условия перехода горения во взрыв.

#### **8. Чувствительность пиросоставов к внешним воздействиям.**

Факторы, влияющие на чувствительность пиросоставов к начальным импульсам. Определение чувствительности пиросоставов к механическим и тепловым воздействиям. Факторы, влияющие на скорость горения. Взрывчатые свойства пиросоставов. Испытание пиросоставов на наличие взрывчатых свойств. Условия перехода горения во взрыв.

#### **9. Реакции горения и методика составления рецептур пиротехнических составов.**

Процесс горения и образования пламени. Горения двойных смесей. Расчет двойных смесей по стехиометрическим уравнениям. Тройные и многокомпонентные смеси. Составление рецептур пиротехнических составов. Составление уравнений реакций горения. Кислородный баланс пиротехнических составов. Составы с отрицательным кислородным балансом. Металлохлоридные составы. Составы с фторным балансом.

#### **10. Особенности производства пиротехнических средств.**

Технология и оборудование пиротехнических производств. Общие требования к пиротехническим производствам. Подготовка компонентов, приготовление составов, снаряжение, сборка изделий.

#### **11. Пиротехнические производства.**

Нитроцеллюлозные пороха, классификация, компоненты нитроцеллюлозных порохов. Производство пироксилиновых порохов. Свойства нитроцеллюлозных порохов. Применение порохов. Состав и компоненты дымного пороха. Производство и применение дымного пороха.

#### **12. Применение пиротехнических составов.**

Составы для получения химических веществ. Использование энергии пиротехнических составов. Спичечные составы. Фейерверочные составы.

### **13. Воспламенительные средства и составы.**

Воспламенительные средства, их назначение и применение. Воспламенительные и переходные составы. Составы подмазки и опудривания.

### *Дисциплина «Современные проблемы физической химии»*

**Общая характеристика и классификация методов.** Новые типы механизмов химических реакций. Способы регулирования химических реакций путем изменения. Синтез и исследование веществ с новыми необычными свойствами и перспективных функциональных материалов на их основе: сплавы, стекла, композиты, керамика, высокотемпературные сверхпроводники, термоэлектрики, наноматериалы, клатраты, супрамолекулярные соединения; кластеры, фуллерены, углеродные и неуглеродные нанотрубки, сверхрешетки.

#### **1. Атомная спектроскопия.**

Атомно-эмиссионная спектроскопия. Основные характеристики уровней энергии. Вероятности переходов и интенсивности в спектрах. Правила отбора. Блок-схема приборов эмиссионного анализа. Характеристика основных элементов приборов. Определение химических элементов. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Атомизаторы.

#### **3. Методы колебательной спектроскопии. ИК-спектры и комбинационное рассеяние света**

Возможности методов ИК-спектроскопии, их применение в химии. Правила отбора и интенсивность в ИК-поглощении. Частоты и формы нормальных колебаний молекул. Учет симметрии молекулы. Анализ нормальных колебаний молекулы по экспериментальным данным. Сопоставление ИК- и КР-спектров и выводы о симметрии молекул. Техника и методики ИК-спектроскопии и спектроскопии КР.

**4. Аппаратура ИК-спектроскопии, прозрачные материалы.** Дополнительные приспособления, приготовление образцов. Особенности техники для далекой ИК-области. Аппаратура спектроскопии КР, преимущества лазерных источников возбуждения. Метод КРС. Сравнение методов ИК- и КР-спектроскопии, их достоинства и недостатки.

#### **5. Методы электронной спектроскопии. УФ-спектроскопия**

Эмиссионная УФ-спектроскопия, как метод исследования двухатомных молекул. Абсорбционная спектроскопия в видимой области. Техника и методика абсорбционной спектроскопии в видимой и УФ-областях. Исследуемые образцы. Чувствительность метода, его достоинства и недостатки.

#### **6. Вращательные спектры комбинационного рассеяния**

Схема эксперимента. Использование лазера. Условия получения спектра. Правила отбора. Уравнения для частот вращательного спектра комбинационного рассеяния (КР). Случай линейных молекул. Определение геометрических параметров неполярных молекул. Ограничения метода.

#### **7. Эмиссионная спектроскопия и пламенная фотометрия.**

Полуколичественные и количественные методы и их отличие при анализе. Спектр веществ и его свойства. Основные характеристики уровней энергии. Вероятности переходов и интенсивности в спектрах. Правила отбора. Блок-схема приборов

эмиссионного анализа. Характеристика основных элементов приборов. Определение химических элементов.

### **8. Метод электронного парамагнитного резонанса ЭПР.**

Физические основы явлений электронного парамагнитного (спинового) резонанса и ядерного магнитного резонанса (ЭПР и ЯМР). Спины и магнитные моменты ядер и электронов. g-фактор и его значение. Анизотропия g-фактора. Спин-орбитальная связь. Снятие вырождения спиновых состояний в постоянном магнитном поле. Условие ЭПР. Заселенность уровней энергии, насыщение, релаксационные процессы и ширина сигнала. Форма линии. Сверхтонкое расщепление сигнала ЭПР при взаимодействии электрона с одним и несколькими ядрами. Число компонентов мультиплета, распределение интенсивностей. Константы СТС. Блок-схема ЭПР-спектрометра, особенности эксперимента, достоинства и ограничения метода.

### **9. Метод ЯМР.**

Условие ЯМР. Релаксационные процессы. Химический сдвиг и спин-спиновое расщепление в спектрах ЯМР. Константа экранирования ядра. Относительный химический сдвиг, его определение и использование в химии. Спин-спиновое взаимодействие ядер, его природа, число компонентов мультиплетов, распределение интенсивности, правило сумм. Анализ спектров ЯМР первого и не первого порядка. Протонный магнитный резонанс, ЯМР на  $^{13}\text{C}$  и других ядрах. Метод двойного резонанса. Техника и методика эксперимента. Блок-схема спектрометра ЯМР, типы спектрометров. Характер образцов. Структурный анализ. Изучение процессов комплексообразования. Изучение быстропротекающих процессов. Сравнение метода ЯМР с другими методами, его достоинства и ограничения. Принципы спектроскопии лазерного магнитного резонанса (ЛМР).

### **10. Метод газовой хроматографии**

Физико-химические основы хроматографических процессов. Классификация методов хроматографии. Параметры хроматографического пика. Варианты газовой хроматографии. Блок-схема хроматографа.

Теория равновесной хроматографии. Теория эквивалентных теоретических тарелок. Диффузионно-массообменная теория. Элюционные характеристики. Селективность и критерии разделения.

Влияние температуры на хроматографический процесс. Использование методов программируемого изменения температуры. Виды детекторов. Методы качественного и количественного хроматографического анализа.

### **11. Метод масс-спектрометрии.**

Масс-спектрометрия в сопоставлении с другими физическими методами исследования. Классификация приборов. Принцип действия масс-спектрометра, основные характеристики. Виды масс-анализаторов: время пролетный; радиочастотный; квадрупольный; ионно-циклотронного резонанса и др. Блок-схема масс-спектрометра с магнитным масс-анализатором. Методы введения проб в масс-спектрометр. Сочетание с газовым хроматографом. Молекулярные пучки. Эффузионные ячейки. Прямой ввод твердых проб.

### **12. Электронная микроскопия.**

Оптическая микроскопия – основные принципы, направления и объекты исследований. Разрешающая способность. Элементы оптико-электронных приборов. Основные принципы действия электронных микроскопов. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Применение электронной микроскопии в нанотехнологии.

### **13. Рентгеновская спектроскопия. Физические основы рентгеновского метода анализа.**

Рентгеновская дифрактометрия. Типы и характеристики трубок и детекторов рентгеновского излучения. Дифрактометрия (съемка и расчет дифрактограмм). Идентификация вещества (фаз вещества) по межплоскостным расстояниям и измерение параметров ячейки. Рентгенометрические картотеки. Оптические системы, дифракция на кристаллической решетке. Уравнение Вульфа-Брегга. Чувствительность, предел обнаружения, правильность метода. Подготовка проб к анализу и хранение. Выбор условий анализа и методика эксперимента. Приборная техника. Особенности современной аппаратуры для исследования фазового состава и параметров структуры полукристаллических материалов, включая тонкие пленки, покрытия и наноразмерные порошки.

### **14. Методы ионизации.**

Методы ионизации: электронный удар, фотоионизация, поверхностная ионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация и др. Методы регистрации ионных токов. Методы записи и первичной обработки масс-спектров, представление масс-спектров. Типы ионов в масс-спектрах: молекулярные, осколочные, перегруппировочные, метастабильные, многозарядные, отрицательные.

### **15. Применение масс-спектрометрии для идентификации веществ.**

Распознавание молекулярных ионов. Определение молекулярной формулы методом точного измерения массы ионов. Корреляции между молекулярной структурой и масс-спектрами. Примеры идентификации соединений по их масс-спектрам. Качественный анализ смесей. Методы количественного анализа на масс-спектрометре. Изотопный анализ. Применение масс-спектрометрии в химии: исследование кинетики и механизмов химических реакций, термодинамические исследования и др.

## **2. Список рекомендуемой литературы**

### **Основная литература:**

1. В.А. Завадский. Пиротехнические составы и средства. Учебное пособие. - Алматы: «Казак университеті», 2004, с 155.
2. С.Х. Акназаров, И.М. Вонгай, О.Ю. Головченко. Краткий курс практической пиротехники: Учебное пособие. – Алматы: Казак университеті, 2009. – 160 с.
3. А.А. Шидловский. Основы пиротехники. - Машиностроение, М. 1973.
4. Правила безопасности при обращении с пиротехнической продукцией. Взрывное дело. № 1, 2001, с 6-19.
5. Л.В. Дубнов, Н.С.Бахаревич, А.И.Романович. Промышленные взрывчатые вещества. Москва “Недра”, 1999, 305 с.
6. Орлова Е. Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. — 3-е изд. — Л., 1981.
7. Лукьянов В. Название: Взрывные работы Издательство: Изд-во Томского политехнического университета Год: 2008
8. Взрывчатые вещества // [Большая российская энциклопедия](#). — 2005. — Т. 5. — С. 246—247. — [ISBN 5-85270-334-6](#)
9. Беляков А.А., Матюшенков А.Н. 2: Боеприпасы // Оружиеведение. — Челябинск: Челябинский юридический институт МВД России, 2004. — 200 с.
10. Энергетические конденсированные системы: Краткий энциклопедический словарь / под ред. Б. П. Жукова. — М.: Янус-К, 1999. — 596 с. — [ISBN 5-8037-0031-3](#)

11. Масаев Ю.А. Название: Технология и безопасность взрывных работ в практических задачах Издательство: Кемерово Год: 2007 Формат: pdf Размер: 2.72 Міб Учебное пособие.
12. Зверев И. Н., Смирнов Н. Н. Название: Газодинамика горения Издательство: МГУ Год: 1987,- 307с.
13. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия- изд."Высшая школа", М., 1987.
14. Колесников Б.Я., Мансуров З.А. Физические методы исследования в химии. - Алматы, 2000.
15. Денисов Е.Т. Химическая кинетика. - М.: Высшая школа, 2000.
16. Мансуров З.А.Жану теориясы. - Алматы, «Қазақ университеті», 2011. – 130б.
17. Зельдович, Я.Б. Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.М. Математическая теория горения и взрыва. –М.: Наука.-1980.- 478 с.

**Дополнительная литература:**

1. Фистуль В.Т. Новые материалы. Состояние, проблемы, перспективы.- М.: МИСиС, 1995.
2. Мальцев А.А. Молекулярная спектроскопия.- МГУ, М., 1980.
3. Экспериментальные методы химической кинетики /Под ред. Н.М. Эмануэля - М., «Высшая школа», 1980.
4. Айвазов Б.В. Основы газовой хроматографии - М., « Высшая школа», 1977.
5. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы в химии. Резонансные и оптические методы - М., «Высшая школа», 1989
6. Практикум по химической физике и плазмохимии. Под ред. Мансурова З.А., Акназарова С.Х. - Алматы: Қазақ университеті, 2006 г.
7. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химических кинетики. М.: Высшая школа, 1984.
8. Романовский Б.В. Основы химической кинетики. – М.: Экзамен, 2006. - 415 с.