



ВНИИНМ
РОСАТОМ

Акционерное общество
«Высокотехнологический научно-исследовательский институт
неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара»
(АО «ВНИИНМ»)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

АО «ВНИИНМ»

 Л.А. Карпюк

2 апреля 2022 г.



ПРОГРАММА

ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

2.6.8 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

(технические науки; химические науки)

Москва 2022

В основу программы положены следующие вузовские дисциплины: «Физическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология»; «Химия редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

I. Общая и неорганическая химия

1. Редкие и рассеянные элементы, общая характеристика, распространенность в природе, области применения.

2. Явление радиоактивности. Основной закон радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада и ионизирующие излучения, виды излучений. Радиоактивные элементы. Семейства радиоактивных элементов: природные радиоактивные семейства; техногенные радионуклиды. Изотопы.

3. Водород. Свойства водорода и его важнейших соединений (гидриды, вода, пероксид водорода).

4. Щелочные и щелочноземельные элементы. Общая характеристика групп. Свойства радиоактивного цезия. Применение бериллия. Подгруппа меди и цинка. Общие характеристики групп.

5. Подгруппы титана и углерода. Общая характеристика групп. Применение углерода и циркония в ядерной энергетике. Углерод-14.

6. Подгруппа азота. Общая характеристика группы. Азотная кислота, оксиды азота, аммиак, гидразин и его производные, гидросиламин. Применение в радиохимии.

7. Подгруппа кислорода. Общая характеристика группы. Озон. Химия полония, применение в ядерном вооружении.

8. Галогениды и инертные газы. Общая характеристика групп. Фтор и хлор в атомной отрасли.

9. Подгруппы ванадия, хрома, марганца. Семейство железа. Свойства и применение элементов подгрупп. Технеций, рутений, родий, палладий в облученном ядерном топливе.

10. Семейство лантаноидов и актиноидов. Общая характеристика f-элементов. Особенности строения электронных оболочек атомов. Внутренняя пе-

риодичность в семействах лантаноидов и актиноидов. Свойства и применение актиноидов и их соединений.

11. Границы периодической системы. Перспективы открытия новых элементов.

12 Ядерные реакторы. Ядерное топливо. Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ), переработка. Ядерные топливные циклы (ЯТЦ). Отходы ЯТЦ и обращение с ними.

II. Физическая химия

1. Внутренняя энергия системы. Теплота и работа. Первое начало термодинамики. Закон Гесса. Тепловой эффект реакции. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры.

2. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия. Зависимость энтропии, внутренней энергии и энтальпии от давления, объема и температуры. Третье начало термодинамики.

3. Максимальная работа и максимальная полезная работа. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Условие термодинамического равновесия.

4. Понятие фазы и независимого компонента. Межфазовые равновесия. Степени свободы системы и правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

5. Диаграммы состояния. Однокомпонентные системы. Диаграмма состояния воды. Двухкомпонентные системы.

6. Константа равновесия. Зависимость от температуры. Стандартные термодинамические потенциалы. Растворы. Количественная характеристика состава растворов. Химический потенциал. Идеальные растворы. Закон Рауля.

7. Активность. Коэффициент активности. Методы определения активности. Растворимость. Закон Генри. Активность ионов. Ионная сила раствора. Зависимость коэффициента активности иона от ионной силы раствора. Теория Дебая-Хюккеля.

8. Равновесие в растворах электролитов. Протолитическая теория кислот и оснований. Константа ионизации кислот. Константа основности оснований. Ион-

ное производство воды. Водородный показатель растворов. Индикаторы. Буферные растворы.

9. Окислительно-восстановительное равновесие. Электродные потенциалы. Электроды первого рода. Нормальный потенциал. Водородный электрод. Ряд напряжений. Электроды второго рода. Каломельный электрод. Окислительно-восстановительные электроды.

10. Потенциометрическое титрование. Поляризация электродов. Полярграфия. Перенапряжение.

11. Скорость химической реакции. Закон действующих масс. Кинетическое уравнение для моно- и бимолекулярных реакций. Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнение Аррениуса. Энергия активации.

12. Теория активированного комплекса (теория переходного состояния): исходные постулаты.

III. Процессы и аппараты химических технологий

1. Механизмы теплообмена. Тепло- и хладоносители. Теплообменные аппараты. Классификация. Устройство типовых теплообменных аппаратов.

2. Общие сведения о процессах переноса массы. Основные теории массообмена (теория диффузионного пограничного слоя, двухпленочная теория, теория обновления поверхности и т.д.).

3. Равновесие жидкость-пар в многокомпонентных и бинарных системах. Массообменные процессы в системах газ (пар) – жидкость. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Законы Коновалова и Вревского. Равновесие жидкость-пар идеальных смесей. Закон Рауля.

4. Основные типы контактных устройств массообменных аппаратов для систем газ (пар) – жидкость. Выпарные установки. Дистилляция и ректификация. Аппаратурное оформление процесса ректификации.

5. Абсорбция. Общая характеристика процесса абсорбции и области ее промышленного применения. Аппаратурное оформление абсорбционно-десорбционных процессов.

6. Экстракция в системе жидкость-жидкость. Общая характеристика процесса экстракции и области промышленного применения. Аппаратурное оформление процесса экстракции. Методы интенсификации процесса экстракции.

7. Массообменные процессы в системе газ-твердое тело. Сушка. Общая характеристика процесса сушки и области его промышленного применения. Классификация процессов сушки. Методы интенсификации процессов сушки.

8. Адсорбция в системе газ – твердое тело. Теория адсорбции Гиббса. Общая характеристика процесса адсорбции и области его промышленного применения. Аппаратурное оформление процесса адсорбции.

9. Массообменные процессы в системе твердое тело – жидкость. Растворение. Общая характеристика процесса растворения и области его промышленного применения. Аппаратурное оформление процесса растворения. Методы интенсификации процесса растворения.

10. Кристаллизация. Общая характеристика процесса кристаллизации и области его промышленного применения. Аппаратурное оформление процесса кристаллизации. Методы интенсификации процесса кристаллизации.

11. Адсорбция в системе твердое тело – жидкость и ионный обмен. Общая характеристика процессов адсорбции и ионного обмена и области их промышленного применения. Типы адсорбентов и ионитов, их основные свойства. Аппаратурное оформление процессов адсорбции и ионного обмена. Методы интенсификации процессов адсорбции и ионного обмена.

12. Охрана окружающей среды в технологиях редких и радиоактивных элементов. Жидкие сбросы и газовые выбросы.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов, Б.В. Основы общей химии: Т. 1. – изд. 3-е, испр. и доп. – М: Химия, 1973. – 656 с.

2. Некрасов, Б.В. Основы общей химии: Т. 2. – изд. 3-е, испр. и доп. – М: Химия, 1973. – 688 с.

3. Гельперин, Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии/ Н.И. Гельперин. – М: Химия, 1981. – 811 с.

4. Физическая химия: Теоретическое и практическое руководство: учебное

пособие для вузов / под ред. Акад. Б.П. Никольского. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 880 с.

5. Физическая химия: в 2 кн.: учебник для вузов / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др.; под ред. К.С. Краснова. – 3-е изд., испр. – М: Высшая школа, 2001. Кн. 1: Строение вещества. Термодинамика. – 512 с. Кн. 2: Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. – 319 с.

6. Никольский, А.Б. Химия: учебник для вузов / А.Б. Никольский, А.В. Суворов. – СПб.: Химиздат, 2001. – 512 с.

7. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. для студ. хим.-технол. спец. вузов / Ю.И. Дытнерский. – 3-е изд. – М: Химия, 2002 (Для высшей школы). Ч. 1: Теор. основы процессов хим. технологии. Гидромех. и тепловые процессы и аппараты. – 400 с., ил. Ч. 2: Массообменные процессы и аппараты. – 368 с., ил.

8. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Роменков, А.А. Носков. – М: Альянс, 2006. – 575 с.

9. Неорганическая химия: учебник для студентов высших учебных заведений: в 3 т. / под ред. Ю.Д. Третьякова. – Москва: Академия, 2004-2007. Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии. – 2004. – 234 с.: ил. Т. 2: Химия непереходных элементов. – 2004. – 365 с.: ил. Т. 3: Химия переходных элементов: Кн. 1. – 2007. – 349 с. Т. 3: Химия переходных элементов: Кн. 2. – 2007. – 400 с.

10. Угай, Я.А. Общая и неорганическая химия: учебник для студентов высших учебных заведений / Я.А. Угай. – изд. 5-е, стер. – Москва: Высшая школа, 2007. – 526 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аносов, В.Я. Основные начала физико-химического анализа: [монография] / В.Я. Аносов, С.А. Погодин; АН СССР; Ин-т общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова; под ред. Г.Г. Уразова. – М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1947. – 845 с.: черт.

2. Пилинг, Л. Химия: пер. с англ. / Л. Пилинг, П. Пилинг; пер. с англ. В.С. Сахарова; под ред. М.Л. Карапетьянц. – М: Мир, 1978. – 683 с., ил.

3. Эмануэль, Н.М. Основы химической кинетики/ Н.М. Эмануэль, Д.Г. Кнорре. – М: Химия, 1984. – 463 с.
4. Джонсон, Д. Термодинамические аспекты неорганической химии/ Д. Джонсон; пер. с англ. канд. хим. наук Я.Х. Гринберга. – М: Мир, 1985. – 328 с.
5. Хьюи, Дж. Неорганическая химия: Строение вещества и реакционная способность: пер. с англ. / Дж. Хьюи; пер. с англ. Л.Ю. Аликберовой и др.; под ред. Б.Д. Степина, Р.А. Лидина. – М: Химия, 1987. – 695 [1]с., ил.
6. Жарский, И.М. Физические методы исследования в неорганической химии: учеб. пособие для хим. и хим.-технол. вузов / И.М. Жарский, Г.И. Новиков. – М: Высш. школа, 1988. – 271 с., ил.
7. Хаускрофт, К. Современный курс общей химии: в 2 т. / К. Хаускрофт, Э. Констебл; пер. с англ. Р.В. Ничипорук, А.А. Молодыка; под ред. В.П. Зломова. – М: Мир, 2002. Т. 1. – 540 с. Т. 2. – 528 с.
8. Игнатович, Э. Химическая техника. Процессы и аппараты: пер. с нем. / Э. Игнатович; пер. с нем. Л.Н. Казанцевой. – М: Техносфера, 2007. – 656 с.
9. Гринвуд, Н. Химия элементов: в 2 т.: пер. с англ. / Н. Гринвуд, А. Эрншо; пер. с англ. проф., д-ра хим. наук Михайлова [и др.]. – М: Бинوم. Лаборатория знаний, 2008. Т. 1. – 607 с., ил., Т. 2. – 670 с., ил.

Программу разработали:

Главный научный сотрудник,
д-р техн. наук, с.н.с.

Главный эксперт, д-р хим. наук, с.н.с.

Директор отделения,
д-р техн. наук

Ведущий научный сотрудник,
канд. хим. наук, доцент

Главный эксперт,
канд. хим. наук

В.И. Волк

А.Ю. Шадрин

А.П. Варлаков

К.Н. Двоеглазов

А.А. Семёнов

Программа вступительного экзамена по научной специальности 2.6.8 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов (технические науки; химические науки) одобрена и рекомендована к утверждению Научно-техническим советом АО «ВНИИНМ» протокол № 6 от 08 апреля 2022 года.

В разработке программы кандидатских экзаменов принимали участие:

главный эксперт, д-р физ.-мат. наук, профессор

П.П. Полуэктов

главный научный сотрудник, д-р хим. наук, снс

О.А. Устинов