

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«УНИВЕРСИТЕТ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ (ЭКЗАМЕНА) В МАГИСТРАТУРУ
для получения углубленного высшего образования по специальности
ХИМИЯ

Минск 2023

СОСТАВИТЕЛИ:

Кулак А. И., академик НАН Беларуси, директор ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси», доктор химических наук, профессор.
Плиско Т.В., доцент кафедры естественнонаучных дисциплин и информационных технологий ГУО «Университет НАН Беларуси», кандидат химических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой естественнонаучных дисциплин и информационных технологий
(протокол № 9 от 10.02.2023);

Советом ГУО «Университет Национальной академии наук Беларуси»
(протокол № 8 от 30.03.2023).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа вступительного экзамена в магистратуру государственного учреждения образования «Университет Национальной академии наук Беларуси» по специальности Химия носит комплексный, междисциплинарный характер и ориентирована на выявление у поступающих общепрофессиональных и специальных знаний и умений.

Программа разработана в соответствии с требованиями к вступительным испытаниям, установленными Министерством образования Республики Беларусь.

Основной *целью* вступительного испытания является комплексная проверка уровня подготовки абитуриентов и выявление склонности поступающих к научно-исследовательской деятельности.

Задачей вступительного испытания является оценка уровня знаний по основным разделам химии.

Абитуриенты должны *знать*:

- условия и закономерности протекания химических процессов, включая условия равновесия, кинетику и термодинамику фазовых превращений;

- явлений на поверхностях раздела фаз, в электрохимических и дисперсных системах;

- строение атома;

- строение и свойства молекул;

- основные типы химической связи;

- строение и свойства неорганических соединений;

- строение и свойства органических соединений, в том числе

высокомолекулярных;

- методы исследования и анализа различных объектов;

уметь:

- применять теоретические фундаментальные знания полученные на первой ступени высшего образования для проведения собственных научных исследований;

- работать с научной и справочной литературой по специальности.

Экзаменуемый должен показать высокий уровень теоретической и практической подготовки, владение специальной терминологией и методами работы с научной литературой.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Тема 1.1. Химическая термодинамика

Постулаты и законы химической термодинамики. Функции состояния: температура, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов, выраженные через характеристические функции. Энергетика химических реакций, основные законы термохимии и термохимические расчеты, теплоёмкость газов, жидкостей и кристаллов.

Условия равновесия и термодинамика фазовых превращений одно- и многокомпонентных неизолированных систем. Химический потенциал компонента в идеальных и реальных конденсированных и газовых системах, выбор стандартного состояния. Растворимость твердых тел и газов в жидкости, влияние различных факторов на растворимость, произведение растворимости. Типы растворов, их термодинамическая классификация, свойства идеальных растворов. Активность, коэффициент активности и способы их определения. Ограниченная и полная взаимная растворимость компонентов в различных фазовых состояниях. Диаграммы состояния.

Тема 1.2. Дисперсное (коллоидное) состояние вещества

Коллоидное состояние вещества. Особенности свойств дисперсных систем и их классификация. Получение и молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем, их устойчивость.

Основы термодинамического описания поверхностных явлений. Поверхностное натяжение, адгезия, смачивание, флотация, капиллярное давление. Адсорбция, уравнения адсорбции, изотерма адсорбции.

Тема 1.3. Химическое равновесие

Условия равновесия систем с химическими реакциями. Константа равновесия и изменение энергии Гиббса химической реакции, их вычисление в идеальных и реальных системах. Смещение химического равновесия, определение направления процесса в системе заданного состава. Влияние температуры и давления на химическое равновесие.

Тема 1.4. Химическая кинетика

Основные понятия химической кинетики: скорость, константа скорости, порядок и молекулярность химической реакции. Основной постулат химической кинетики и его применение к простым и сложным химическим реакциям, кинетические уравнения для реакций различных порядков.

Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнение Аррениуса, понятие об энергии активации и методах ее определения.

Теории химической кинетики: теория активных соударений и теория активированного комплекса. Понятие о поверхности потенциальной энергии реагирующих частиц. Термодинамический аспект теории активированного комплекса.

Особенности кинетики цепных, фотохимических и топохимических реакций: предельные явления в кинетике цепных реакций, основные законы фотохимии и понятие квантового выхода, механизмы топохимических реакций.

Тема 1.5. Катализ

Понятие о катализе и катализаторах. Гомогенный и гетерогенный катализ. Энергетические профили каталитических реакций. Основы теории гетерогенного катализа. Физико-химические основы технологии производства аммиака, серной и азотной кислот.

Тема 1.6. Равновесие в растворах электролитов

Равновесие в растворах электролитов. Классификация электролитов. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса. Основы теории Дебая-Гюккеля, ионная сила раствора и средний ионный коэффициент активности. Современные теории кислот и оснований (Бренстеда-Лоури, Льюиса-Пирсона).

Тема 1.7. Электрохимия

Неравновесные явления в растворах электролитов: диффузия и миграция ионов в растворе. Электропроводность растворов электролитов, кондуктометрия.

Равновесные электродные процессы. Понятие о скачке потенциала на границе раздела фаз. Электрохимический потенциал. Образование и строение двойного электрического слоя. Электрокинетические явления. Уравнение Нернста. Стандартные электродные потенциалы. Классификация электродов и электрохимических цепей. Термодинамика обратимых электрохимических систем. ЭДС гальванического элемента и её измерение. Электрохимическая коррозия металлов.

Тема 1.8. Кинетика электродных процессов

Кинетика электродных процессов, поляризация электродов. Стадии электродного процесса. Плотность тока обмена как мера скорости электродного процесса. Электрохимические процессы в промышленности.

РАЗДЕЛ II. СТРОЕНИЕ АТОМА. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА МОЛЕКУЛ

Тема 2.1. Квантовомеханическая модель строения атома

Волновая теория строения атома. Волновая функция, радиальная и угловые части. Квантовые числа. Многоэлектронный атом. Принцип Паули. Правило Хунда. Электронные конфигурации атомов. Основное и возбужденные электронные состояния атомов.

Спектры атомов. Межэлектронные и спин-орбитальное взаимодействия. Термы многоэлектронного атома. Радиусы атомов и закономерности их изменения. Периодичность изменения энергии ионизации и энергии сродства к электрону.

Тема 2.2. Явление радиоактивности

Явление радиоактивности. Устойчивость ядер. Важнейшие типы радиоактивных превращений ядер. Закон радиоактивного распада. Постоянные распада. Природная и искусственная радиоактивность.

Энергетические параметры молекул. Понятие об энергиях образования молекул. Энергетические состояния: электронные, колебательные и вращательные спектры молекул.

Тема 2.3. Магнитные свойства молекул

Магнитные свойства молекул. Спектры электронного парамагнитного резонанса и ЯМР спектры – принципы и возможности исследования структуры и свойства молекул.

РАЗДЕЛ III. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

Тема 3.1. Химическая связь

Основные типы химической связи: ковалентная, ионная, металлическая. Многоцентровая связь, δ - и π -связи.

Ковалентная связь. Квантово-химическая трактовка природы химических связей и строения молекулы. Основные положения теорий валентных связей и молекулярных орбиталей. Их сравнительные возможности.

Гибридизация атомных орбиталей. Концепция отталкивания электронных пар. Пространственная конфигурация молекул и ионов.

Количественные характеристики химической связи: порядок, энергия, длина, степень ионности, дипольный момент, валентный угол.

Трактовка ионной связи на основе электростатических представлений.

Тема 3.2. Особенности химической связи в комплексных соединениях

Особенности химической связи в комплексных соединениях. Донорно-акцепторный и дативный механизм её образования. Метод валентных связей и его недостатки в применении к координационным соединениям. Теории кристаллического поля и МО в применении к комплексным соединениям.

Тема 3.3. Водородная связь

Силы Ван-дер-Ваальса. Водородная связь.

Тема 3.4. Геометрические параметры молекул

Методы исследования и способы описания геометрических параметров молекул. Симметрия молекул. Основные виды изомерии молекул и принципы динамической стереохимии.

РАЗДЕЛ IV. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Тема 4.1. Периодический закон химических элементов

Периодический закон химических элементов как основа химической систематики. Периодичность изменения свойств элементов и образуемых ими соединений.

Тема 4.2. s-Элементы

s-Элементы. Типы химических связей. Образование катионных форм. Химия водных растворов. Оксиды, гидроксиды, соли. Общая характеристика. Особенности химии s-элементов II периода.

Тема 4.3. p-Элементы

p-Элементы. Валентность и степени окисления атомов. Изменение атомных радиусов, энергии ионизации и сродства к электрону по периодам и группам. Образование катионных и анионных форм, комплексообразование. Особенности свойств p-элементов II и V периодов.

Простые вещества, образуемые p-элементами. Аллотропия и полиморфизм. Химические свойства галогенов, кислорода, озона, халькогенов, азота, фосфора, углерода, кремния.

Тема 4.5. d-Элементы

d-Элементы. Валентность и степени окисления атомов. Изменение атомных радиусов и энергий ионизации по группам, периодам. Особенности изменения химических свойств d-элементов по группам и периодам по сравнению с p-элементами. Образование катионных и анионных форм, комплексообразование.

Тема 4.6. Гидриды

Гидриды. Типы гидридов: солеобразные, полимерные, летучие, гидриды внедрения. Типичные примеры и общая характеристика свойств каждой группы гидридов.

Тема 4.7. Оксиды

Оксиды с ионной, молекулярной и полимерной структурой. Нестехиометрические оксиды. Кислотные, основные, амфотерные оксиды. Их отношение к воде, кислотам, щелочам. Окислительно-восстановительные свойства оксидов. Двойные оксиды. Пероксиды.

Тема 4.8. Гидроксиды

Гидроксиды. Типы гидроксидов: гидроксиды с ионной, молекулярной, полимерной структурой. Кислоты, основания и амфотерные

гидроксиды. Кислотно-основные свойства гидроксидов s-,p-,d-элементов изменение по периодам и группам, в зависимости от степени окисления элемента.

Тема 4.9. Соли

Соли. Соли кислородсодержащих и бескислородных кислот. Склонность элементов к вхождению в состав солей в катионной и анионной формах в зависимости от химической природы элемента и степени окисления. Простые и комплексные соли. Кристаллогидраты. Гидролиз солей.

Галогениды, их типы и характерные свойства.

Сульфиды. Их свойства.

Карбиды и нитриды, их свойства.

Тема 4.10. Комплексные соединения

Комплексные соединения. Типичные комплексообразователи и лиганды. Пространственная конфигурация комплексных ионов. Особенности диссоциации комплексных соединений в растворе. Карбонилы металлов. Хелатные комплексы. Многоядерные комплексы. π -комплексы. Равновесия комплексообразования. Факторы, определяющие состояние равновесия: природа центрального атома и лиганда, рН, ионная сила, температура. Ионные ассоциаты.

РАЗДЕЛ V. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Тема 5.1. Состав и строение органических соединений

Состав и строение органических соединений. Изомерия. Номенклатура.

Электронные и пространственные эффекты в органических молекулах. Классификация реагентов и реакций.

Стереохимия соединений с одним асимметрическим атомом. Хиральность. Энантиомеры, рацематы. R, S-номенклатура.

Тема 5.2. Алканы

Углеводороды. Алканы. Конформационная изомерия. Важнейшие свободнорадикальные реакции алканов. Нефть, ее состав и переработка. Особенности строения и химических свойств циклоалканов.

Тема 5.3. Алкены

Алкены, методы синтеза и общие представления о реакционной способности. Присоединение электрофильных реагентов по двойной связи. Правило Марковникова и его интерпретация. Реакции по аллильному положению. Полимеризация алкенов как важный метод получения высокомолекулярных соединений.

Тема 5.4. Алкадиены

Алкадиены. Сопряженные диены, особенности их строения и свойств. Каучуки.

Тема 5.5. Алкины

Алкины. Методы синтеза и важнейшие свойства алкинов. Ацетилен.

Тема 5.6. Ароматические углеводороды

Ароматические углеводороды. Промышленные источники аренов, их химические свойства и применение. Механизм и закономерности реакций электрофильного замещения в ароматическом ядре.

Тема 5.7. Галогенпроизводные углеводородов

Галогенпроизводные углеводородов. Методы получения. Реакции нуклеофильного замещения и элиминирования: влияние строения галогеналкана, природы и концентрации нуклеофила и основания, природы растворителя. Особенности реакционной способности арилгалогенидов. Получение литий- и магнийорганических соединений, их применение в органическом синтезе.

Тема 5.8. Спирты и фенолы

Спирты и фенолы. Методы получения и сравнительная характеристика химических свойств. Этиленгликоль. Глицерин. Фенолформальдегидные смолы. Простые эфиры. Методы синтеза и свойства. Диэтиловый эфир.

Тема 5.9. Альдегиды и кетоны

Альдегиды и кетоны. Методы получения важнейших представителей, их свойства. Енолизация альдегидов и кетонов. Альдольная конденсация и родственные процессы. Реакции альдегидов и кетонов с гетероатомными нуклеофилами. α,β -непредельные карбонильные соединения.

Тема 5.10. Углеводы

Углеводы. Важнейшие представители моносахаридов, их строение и важнейшие свойства. Дисахариды и полисахариды: сахараза, крахмал, целлюлоза.

Тема 5.11. Карбоновые кислоты и их производные

Карбоновые кислоты и их производные: методы синтеза, взаимные превращения. Сложные эфиры. Реакции этерификации и гидролиза сложных эфиров, их механизм. Жиры, их состав. Гидрирование и гидролиз жиров. ПАВ. Непредельные карбоновые кислоты и полимеры на их основе.

Тема 5.12. Гидроксикислоты

Гидроксикислоты, особенности их пространственного строения. Природные гидроксикислоты.

Тема 5.13. Нитросоединения

Нитросоединения. Способы получения и важнейшие свойства. Продукты восстановления нитросоединений.

Тема 5.14. Амины

Амины. Типы аминов и их свойства. Особенности свойств ароматических аминов. Реакция диазотирования и её значение в органическом синтезе.

Тема 5.15. Аминокислоты

Аминокислоты, их стереохимия, роль в природе. Представление о составе и структуре белков. Синтетические полиамиды и полипептиды.

Тема 5.16. Гетероциклические соединения

Гетероциклические соединения, общие принципы их классификации. Важнейшие пяти- и шестичленные гетероароматические соединения с одним гетероатомом. Особенности их химических свойств.

Тема 5.17. Методы выделения и очистки органических веществ

Методы выделения и очистки органических веществ. Представление об использовании ИК, ПМР, масс-, УФ спектроскопии для установления строения органических соединений.

Тема 5.18. Высокомолекулярные соединения

Принципы получения высокомолекулярных соединений, регулирования состава и структуры макромолекул. Поликонденсация. Синтез, структура, свойства и применение высокомолекулярных соединений, синтезированных путём поликонденсации. Радикальная полимеризация. Катионная полимеризация. Анионная полимеризация. Координационно-ионная полимеризация. Принципы синтеза стереорегулярных полимеров. Синтез, структура, свойства и применение высокомолекулярных соединений, синтезированных путём полимеризации. Полимераналогичные превращения. Деструкция высокомолекулярных соединений. Сшивание высокомолекулярных соединений. Синтез и свойства привитых сополимеров.

Основные различия между свойствами низкомолекулярных и высокомолекулярных соединений. Гибкость макромолекул. Надмолекулярная структура высокомолекулярных соединений. Релаксационные состояния высокомолекулярных соединений: стеклообразное, высокоэластическое, вязкотекучее. Типы деформаций высокомолекулярных соединений.

Термодинамика макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением молекул низкомолекулярных веществ.

РАЗДЕЛ VI. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ, ОБНАРУЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ

Тема 6.1. Аналитическая классификация ионов

Аналитическая классификация ионов и периодическая система химических элементов. Сульфидный, кислотнo-щелочной и аммиачно-фосфатный методы разделения катионов.

Тема 6.2. Экстракционные и сорбционные методы

Экстракционные и сорбционные методы разделения и концентрирования. Факторы, определяющие межфазный перенос компонентов в экстракционных и сорбционных системах.

Тема 6.3. Хроматография

Хроматография. Принципы хроматографического разделения. Параметры хроматограмм. Газовая, жидкостная и сверхкритическая флюидная хроматография. Хромато-масс-спектральный анализ.

Тема 6.4. Титриметрия

Титриметрия. Кислотно-основное, комплексометрическое и электрохимическое титрование. Кривые титрования. Индикаторы.

Тема 6.5. Гравиметрия

Гравиметрия. Варианты гравиметрии: методы осаждения, отгонки, выделения. Термогравиметрия. Реагенты-осадители: минеральные, органические.

Тема 6.6. Электроанализ

Электроанализ: потенциометрия, вольтамперометрия, кулонометрия.

Тема 6.7. Оптические методы анализа

Оптические методы анализа. Атомно-эмиссионный, атомно-абсорбционный и молекулярно-абсорбционный анализ. Реагенты и реакции в фотометрическом анализе. Экстракционно-фотометрический анализ.

Тема 6.8. Радиоактивационный анализ

Радиоактивационный анализ. Масс-спектральный анализ. Рентгеновская фотоэлектрическая спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия.

Тема 6.9. Спектральные методы

Спектральные методы анализа и исследования, люминесцентный, ЭПР- и ЯМР-спектроскопия.

Тема 6.10. Рентгеноструктурный анализ

Основы рентгеноструктурного анализа. Дифракция рентгеновских лучей. Определение параметров решетки и симметрии кристалла.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Литература основная

1. Елфимов, В. И. Основы общей химии : учеб. пособие / В. И. Елфимов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 256 с.
2. Корольков, Д. В., Основы теоретической химии / Д. В. Корольков, Г. А. Скоробогатов. – М. : Изд. центр «Академия», 2004. – 327 с.
3. Некрасов, Б. В. Основы общей химии: в 2 т. / Б. В. Некрасов. – СПб : Лань, 2003. – 418 с.
4. Угай, Я. А. Общая и неорганическая химия / Я. А. Угай. – М. : Высшая школа, 2001. – 234 с.
5. Физическая химия: в 2-х т. / под редакцией К. С. Краснова. – М. : Высшая школа, 2001. – 758 с.
6. Неорганическая химия : в 3-х т. / под ред. Ю. Д. Третьякова.– М. : Изд. центр «Академия», 2004. – 1024 с.
7. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. – М. : Высш. шк., 2004. 445 с.
8. Шабаров, Ю. С. Органическая химия / Ю. С. Шабаров. – М. : Химия, 2002. – 288 с.
9. Семчиков, Ю. Д. Высокомолекулярные соединения / Ю. Д. Семчиков. – М. : «Academa», 2006. – 271 с.
10. Золотов, Ю. Л. Основы аналитической химии: в 2-х т. / под ред. Ю. Л. Золотова. 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2020. – 255 с.
11. Отто, М.. Современные методы аналитической химии, 3-е издание. / М.Отто. – М : Техносфера, 2008. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.vixri.ru/d/Otto%20M.%20_Sovremennye%20metody%20analiticheskoj%20XIMII.pdf/. – Дата доступа: 29.01.2023;
12. Золотов, Ю.Л. Основы аналитической химии / Ю.Л. Золотов. В 2-х т. [под ред. Ю.Л. Золотова]. 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия. 2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://portal.tpu.ru/SHARED/o/OAA/academic/Tab3/>. – Дата доступа: 29.01.2023.

Дополнительная литература

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия / Н. С. Ахметов. – М. : Высш. шк., 1998. – 342 с.
2. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия: учеб. / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков. – М. : Дрофа, 2010. – 481 с.
3. Семчиков, Ю. Д. Высокомолекулярные соединения / Ю. Д. Семчиков. – М. : Академия, 2006. – 336 с.
4. Вершинин, В. И. Аналитическая химия : учеб. / В. И. Вершинин, И. В. Власова, – М. : Академия, 2011. – 226 с.