

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

Химический факультет

«Утверждаю»

Проректор по учебной работе

_____ Т.Б. Смирнова

«___» октября 2020 г.

Программа вступительного испытания
«Современная химия»

Омск, 2020

Составители программы:

Голованова О.А., д.г-м.н., зав. кафедрой неорганической химии;
Вершинин В.И., д.х.н., профессор кафедры аналитической химии;
Фисюк А.С., д.х.н., зав. кафедрой органической химии.

Декан химического факультета

Е.А. Булучевский

Процедура проведения вступительного испытания

1. Вступительное испытание проводится в виде теста (с открытыми и закрытыми ответами).

2. Каждому абитуриенту будет предложено 25 вопросов. Каждый вопрос оценивается в 4 балла.

Критерий оценки за каждый вопрос: ответ правильный – 4; ответ неправильный – 0 баллов.

В тесте с закрытыми ответами предполагается наличие только одного правильного ответа.

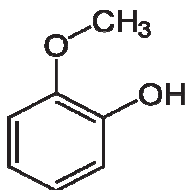
3. Максимальная оценка составляет 100 баллов.

4. Время на проведения вступительного испытания – 45 минут.

5. Запрещается использовать справочные материалы, средства связи и электронно-вычислительную технику (кроме той, которая используется для сдачи вступительного испытания на основе дистанционных технологий).

6. Пример тестового задания:

1. Дайте название органическому соединению согласно номенклатуре ИЮПАК



2. Для платины в комплексных соединениях характерны следующие координационные числа:

- а) 2 и 4;
- б) 2, 4 и 6;
- в) 4, 5 и 6.

3. Представленное уравнение

$$H = A + \frac{B}{v} + Cv$$

является:

- а) уравнением Ван-Деемтера для расчета длины колонки в хроматографии;
- б) уравнением Ван-Деемтера для расчета высоты эквивалентной теоретической тарелки в хроматографии;
- в) уравнением Ильковича, выражающим зависимость диффузионного тока от концентрации электроактивного вещества;
- г) уравнением полярографической волны Гейровского-Ильковича.

Раздел 1. Общехимические знания

Современные представления о строении атомов и молекул. Химическая связь, основные виды химической связи. Валентность и степень окисления. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Сравнительная характеристика свойств элементов разных подгрупп. Основные классы неорганических соединений. Основные типы химических реакций. Основные законы химии.

Растворы. Электролитическая диссоциация. Влияние природы вещества на его способность к диссоциации в водном растворе. Степень диссоциации. Формы существования вещества в растворе. Общие и равновесные концентрации.

Основные законы термодинамики. Энтальпия и энтропия. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса. Законы химического равновесия. Принцип смещения равновесия.

Основные понятия химической кинетики. Скорость реакции в растворе. Константа скорости и порядок реакции. Влияние температуры на скорость реакции. Энергия активации.

Особенности органических соединений. Характеристики химических связей в органических соединениях. Электронные и пространственные эффекты в органических молекулах. Гомология. Изомерия и ее виды. Общая характеристика свойств алканов, алкенов и алкинов. Ароматические углеводороды и их свойства. Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения.

Протолитические реакции. Теории кислот и оснований. Влияние растворителей на силу кислот и оснований. Константы кислотности и основности. Автопротолиз. Обобщенные представления о кислых, щелочных и нейтральных средах, шкала pH в разных растворителях. Состояние вещества в водном растворе при разных pH, Буферные растворы. Механизм буферного действия. Расчет pH буферных систем.

Реакции комплексообразования. Примеры комплексообразователей и лигандов. Строение комплексных соединений. Внешняя и внутренняя сферы. Изомерия и пространственная конфигурация комплексных соединений. Координационное число, дентатность. Образование хелатов. Ступенчатый характер комплексообразования в растворе. Количественные характеристики равновесия комплексообразования: общие и ступенчатые константы устойчивости. Закомплексованность. Влияние концентрации свободного лиганда на равновесие комплексообразования.

Окислительно-восстановительные реакции. Редокс-потенциал как характеристика редокс-системы. Стандартные редокс-потенциалы. Реальные (формальные) потенциалы, способы их измерения и расчета. Предсказание направления редокс-процесса в растворе с помощью стандартных и реальных потенциалов. Расчет констант равновесия через потенциалы. Важнейшие окислители и восстановители. Электрохимический ряд напряжений.

Раздел 2. Химия металлов и неметаллов

Общий обзор металлов. Положение в Периодической системе. Особенности физических свойств металлов. Формы нахождения металлов в природе. Руды. Полиметаллические руды. Редкие и рассеянные металлы. Пирометаллургия. Применяемые восстановители. Гидрометаллургия. Электрометаллургия. Термическое разложение соединений металлов (карбониллов, иодидов, азидов) для получения чистых металлов. Свойства неметаллов.

S-элементы первой и второй групп. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение.

P-элементы и *d*-элементы третьей группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение.

d-элементы первой и второй групп. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение.

d-элементы четвертой и пятой групп. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение. Изменение свойств в рядах титан-гафний и ванадий-тантал.

d-элементы шестой и седьмой групп. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение. Изменение свойств в рядах хром-вольфрам и марганец-рений.

d-элементы восьмой группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение. Изменение свойств в рядах железо-никель и у металлов платиновой группы.

f-элементы. Лантаноиды и актиноиды. Особенности строения электронных оболочек их атомов. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение.

P-элементы четвертой и пятой группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства простых веществ и их важнейших соединений, применение. Изменение свойств в рядах углерод – свинец и азот – висмут.

P-элементы шестой и седьмой группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства простых веществ и их важнейших соединений, применение. Изменение свойств в рядах кислород – полоний и фтор – астат.

Раздел 3. Теоретические вопросы аналитической химии. Химические методы анализа

Химический анализ. Виды и объекты анализа. Объекты определения. Стадии анализа. Методы и методики анализа. Выбор методики количественного анализа с учетом ее точности, чувствительности и других практически важных характеристик.

Классификация методов анализа. Сопоставление достоинств и недостатков химических и инструментальных методов, области их применения. Взаимосвязь между аналитической химией и химическим анализом.

Абсолютные и относительные погрешности анализа. Источники погрешностей. Случайные погрешности, виды их распределения. Выборочные параметры. Нормальное распределение и его закономерности. Грубые промахи, способы их выявления. Дрейф. Выявление систематических погрешностей. Стандартные образцы. Постоянные и пропорциональные систематические погрешности. Правильность и прецизионность результатов анализа. Статистическая обработка результатов анализа: расчет доверительных интервалов по Стьюденту, сопоставление выборок, выявление значимых систематических погрешностей на фоне случайных.

Основные задачи качественного анализа. Идентификационные признаки, их характеристичность. Химические методы обнаружения ионов. Дробный анализ. Систематический качественный анализ. Групповые реагенты. Качественные реакции. Инструментальные методы качественного анализа.

Принципы гравиметрического анализа, области применения и аналитические возможности. Методы отгонки и методы осаждения. Важнейшие осадители. Требования к осаждаемой и весовой формам. Аморфные и кристаллические осадки. Правила получения осадков разного типа в гравиметрическом анализе.

Основные принципы титриметрического анализа, области его применения и аналитические возможности. Классификация титриметрических методов. Требования к стандартным веществам. Понятие об индикаторах, общие требования к ним. Расчет результатов титриметрического анализа. Эквиваленты веществ в реакциях разного типа. Реакции осаждения в титриметрическом анализе.

Протолитические реакции в титриметрическом анализе. Области применения, основные реакции, рабочие растворы, индикаторные системы. Кривые титрования сильных и слабых кислот (качественно). Влияние природы и концентрации титруемого вещества на вид кривой титрования. Скачок титрования. Выбор индикатора.

Реакции комплексообразования в титриметрическом анализе. Применение полидентатных лигандов в качестве титрантов. Способы установления конечной точки титрования (к.т.т.) в комплексонометрии. Металлохромные индикаторы. Использование условных констант для определения возможности и порядка титрования различных металлов. Селективность комплексонометрии и пути ее повышения.

Реакции окисления-восстановления в титриметрическом анализе. Способы контроля к.т.т. Выбор редокс-индикатора. Методы предварительного окисления и восстановления определяемых веществ.

Необходимость методов разделения и концентрирования, их классификация по типу используемых фазовых равновесий. Количественные характеристики: коэффициент распределения, степень извлечения, коэффициент обогащения, степень разделения. Закон распределения. Важнейшие экстрагенты и требования к ним. Экстракционные реагенты для извлечения ионов металлов из водных растворов. Факторы, влияющие на степень извлечения при однократной и многократной экстракции.

Хроматография и ее применение в химическом анализе. Обзор методов хроматографического анализа. Расчет результатов хроматографического анализа.

Общие принципы и классификация инструментальных методов. Области применения важнейших инструментальных методов, сопоставление их возможностей. Выбор инструментального

метода для решения конкретной аналитической задачи. Понятие об аналитическом сигнале. Связь сигнала с концентрацией аналита. Фон, его происхождение и способы уменьшения. Предел обнаружения и его оценка. Пути снижения предела обнаружения. Способы расчета концентрации по величине сигнала (методы градуировочного графика, сравнения с эталоном, добавок).

Раздел 4. Общие разделы органической химии

Алканы. Общая характеристика, строение. Галогенирование алканов. Сульфохлорирование, окисление, нитрование алканов. Механизм реакций радикального замещения.

Алкены. Строение. Относительная стабильность структурных и геометрических изомеров. Механизм электрофильного присоединения галогенов, галогеноводородов, воды. Правило Марковникова. Карбокатионы и их перегруппировки. Радикальная и ионная полимеризация алкенов. Свойства сопряженных диенов: реакции 1,2- и 1,4-присоединения, кинетический и термодинамический контроль. Диеновый синтез.

Алкины. Строение. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация, присоединение спиртов, карбоновых кислот. Реакции подвижного атома водорода в терминальных алкинах. С-Н-кислотность. Отличия в реакционной способности тройной и двойной связей при взаимодействии с электрофилами. Конденсация ацетиленов с альдегидами и кетонами.

Ароматические углеводороды. Строение. Правило Хюккеля, понятие об ароматичности. Реакции сульфирования, нитрования, галогенирования, алкилирования, ацилирования бензола. Механизм электрофильного замещения, π - и σ -комплексы. Влияние заместителей в бензольном кольце на скорость и направление электрофильного замещения.

Реакции нуклеофильного замещения и элиминирования в алкилгалогенидах и спиртах. Электронная природа и полярность связей С-Н₁, С-О и О-Н. Механизмы реакций нуклеофильного замещения и элиминирования в ряду алкилгалогенидов. Основность и нуклеофильность. Влияние структуры субстрата, реагента, растворителя, свойств уходящих групп, температуры реакции на скорость и механизм реакций. Конкуренция реакций элиминирования и замещения. Замещение гидроксильной группы при действии серной кислоты, галогеноводородов, галогенпроизводных фосфора и хлористого тионила. Дегидратация. Межфазный катализ. Особенности протекания реакций нуклеофильного замещения в ароматическом ядре.

Фенолы. Сравнение свойств фенольного и спиртового гидроксила. Сравнение реакционной способности бензольного ядра фенолов с бензолом при взаимодействии с электрофилами. Образование фенолятов, простых и сложных эфиров. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование, карбоксилирование, формилирование. Конденсация фенолов с карбонильными соединениями.

Карбонильные соединения. Строение. Реакции с О-, N- и С-нуклеофилами. Образование гидратов, полуацеталей, ацеталей, оксимов, гидразонов, замещенных гидразонов, азинов, семикарбазонов, иминов, оснований Шиффа, циангидринов. Влияние углеводородного радикала на реакционную способность карбонильных соединений. Уротропин. Енамины. Присоединение Mg-органических соединений. Реакция Виттига. Кислотность и основность карбонильных соединений. Кето-енольная таутомерия. Альдольно-кетоновая конденсация, ее механизм при кислотном и основном катализе.

Карбоновые кислоты и их производные. Основные пути превращений карбоновых кислот и их производных. Электронное строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. Сравнение карбонильной активности и С-Н-кислотности производных карбоновых кислот, альдегидов и кетонов. Декарбоксилирование.

Амины, их электронное и пространственное строение. Основность и кислотность аминов в зависимости от природы углеводородных радикалов. Взаимодействие с электрофильными реагентами: образование солей, алкилирование, ацилирование, взаимодействие с азотистой кислотой.

Метод молекулярных орбиталей и теория резонанса для описания свойств органических соединений и путей их превращений. Электронные и пространственные эффекты в органических молекулах. Свободные радикалы, карбокатионы и карбоанионы как интермедиаты в реакциях органических соединений. Качественная трактовка их электронного строения и факторы, определяющие их относительную стабильность.

Литература для подготовки к вступительному испытанию

Основная литература

1. Третьяков Ю.Д. и др. Неорганическая химия. Химия элементов. Изд-во МГУ; ИКЦ «Академкнига». 2007. Т. 1.- 537 с. Т. 2. – 670 с.
2. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: Учеб.; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2003. 743 с.
3. Голованова О.А., Зырянова И.М. Химическая связь и комплексные соединения. ОмГУ 2004, 210 с.
4. Мухин В.А. Окислительно-восстановительные процессы: учебное пособие. – Омск: Омск. гос. ун-т, 2009 – 160 с.
5. Основы аналитической химии. Учебник для вузов. В 2-х кн. Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш. шк., 2004.
6. Вершинин В.И., Власова И.В., Никифорова И.А. Аналитическая химия. М.: Академия, 2011.
7. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия, в 4-х т., М.: «БИНОМ», 2007.
8. Шабаров Ю. С. Органическая химия. — М.: Химия, 2000.

Дополнительная литература

1. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия: Учеб.: 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1997. 528 с. 9 экз.
2. Вершинин В.И., Перцев Н.В. Планирование и математическая обработка результатов химического эксперимента. Омск: ОмГУ, 2005.
3. Золотов Ю.А., Вершинин В.И. История и методология аналитической химии. М.: Академия, 2007.
4. Днепровский А.С., Темникова Т. И., Теоретические основы органической химии, Л.: «Химия», 1991.
5. Органикум, в 2-х томах, М.: «Мир», «БИНОМ», 2008.

Примеры контрольных вопросов

Раздел 1

1. Химическая связь, основные виды химической связи: ковалентная (полярная и неполярная), ионная, металлическая, другие виды связей.
2. Электролитическая диссоциация растворенных веществ. Влияние природы вещества на его способность к диссоциации в водном растворе. Степень диссоциации.
3. Основные законы термодинамики. Энтальпия и энтропия. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса. Законы химического равновесия. Принцип смещения равновесия.
4. Основные понятия химической кинетики. Скорость реакции в растворе. Влияние температуры на скорость реакции. Энергия активации.
5. Реакции комплексообразования. Комплексные соединения. Примеры типичных комплексообразователей и лигандов. Координационное число, дентатность. Строение комплексных соединений. Изомерия и пространственная конфигурация комплексных соединений. Образование хелатов.
6. Количественные характеристики равновесия комплексообразования. Ступенчатый характер комплексообразования в растворе.
7. Теории кислот и оснований. Протолитические реакции. Автопротолиз. Влияние растворителей на силу кислот и оснований. Константы кислотности. Обобщенные представления о кислых, щелочных и нейтральных средах. Шкала рН. Состояние веществ при разных рН.
8. Буферные растворы. Механизм буферного действия. Расчет рН буферных систем.
9. Гомология. Изомерия и ее виды. Электронные и пространственные эффекты в молекулах органических соединений.
10. Окислительно-восстановительные реакции. Важнейшие окислители и восстановители. Редокс-потенциал как характеристика редокс-системы. Стандартные редокс-потенциалы. Реальные (формальные) потенциалы, способы их измерения и расчета. Предсказание направления редокс-процесса в растворе с помощью стандартных (реальных) потенциалов.

Раздел 2

1. S -элементы первой и второй групп. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства этих элементов и их важнейших соединений.
2. d-элементы первой и второй группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства этих элементов и их важнейших соединений, применение.
3. d-элементы четвертой и пятой групп. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение. Изменение свойств в рядах титан-гафний и ванадий-тантал.
4. P-элементы четвертой группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства простых веществ и важнейших неорганических соединений этих элементов.
5. P-элементы шестой группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства простых веществ и их важнейших соединений. Изменение свойств в ряду кислород – полоний.
6. P-элементы седьмой группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства простых веществ и их важнейших соединений, применение. Изменение свойств в ряду фтор – астат.
7. P-элементы третьей группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства этих элементов и их важнейших соединений, применение.
8. d-элементы третьей группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства этих элементов и их важнейших соединений, применение.
9. d-элементы шестой и седьмой групп. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение. Изменение свойств в рядах хром-вольфрам и марганец-рений.
10. d-элементы восьмой группы. Нахождение в природе, методы получения, физические и химические свойства металлов и их важнейших соединений, применение. Изменение свойств в рядах железо-никель и у металлов платиновой группы.

Раздел 3

1. Химический анализ. Объекты анализа и объекты определения. Виды анализа. Основные этапы (стадии) анализа.
2. Методы и методики химического анализа. Классификация методов анализа. Выбор методики количественного анализа с учетом ее точности, чувствительности и других практически важных характеристик.
3. Задачи качественного анализа. Идентификационные признаки, их характеристичность. Химические методы обнаружения. Дробный анализ. Систематический анализ. Инструментальные методы качественного анализа.
4. Случайные погрешности результатов количественного анализа. Нормальное распределение результатов анализа. Грубые промахи, способы их выявления. Расчет доверительных интервалов по Стьюденту, сопоставление выборок.
5. Систематические погрешности химического анализа, их происхождение. Выявление систематических погрешностей, проверка их значимости. Стандартные образцы состава.
6. Необходимость разделения и концентрирования в ходе анализа, классификация методов разделения и концентрирования по типу используемых фазовых равновесий. Количественные характеристики: коэффициент распределения, степень извлечения, коэффициент обогащения. Факторы, влияющие на степень извлечения при экстракции.
7. Основные принципы титриметрического анализа, области его применения и аналитические возможности. Классификация титриметрических методов. Индикаторы и требования к ним.
8. Реакции комплексообразования в титриметрическом анализе. Использование полидентатных лигандов. Селективность комплексонометрии и пути ее повышения. Способы установления конечной точки титрования. Металлохромные индикаторы.
9. Инструментальные методы химического анализа. Аналитические сигналы, их связь с концентрацией определяемого компонента. Фон. Предел обнаружения и пути его снижения.
10. Хроматография и ее применение в анализе. Обзор методов хроматографического анализа.

Раздел 4

1. Альдегиды и кетоны, реакции по карбонильной группе.
2. Алканы. Общая характеристика, строение, sp^3 -гибридизация. Галогенирование алканов. Сульфохлорирование, окисление, нитрование алканов. Механизм реакций радикального замещения
3. Алкены, строение, sp^2 -гибридизация. Относительная стабильность структурных и геометрических изомеров алкенов. Механизмы электрофильного присоединения галогенов, галогеноводородов, воды. Правило Марковникова. Восстановление и окисление алкенов.
4. Алкины, строение, sp -гибридизация. Реакции подвижного атома водорода в терминальных алкинах. Реакции присоединения к тройной связи: галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация, присоединение спиртов, карбоновых кислот. Отличия в реакционной способности тройной и двойной связей при взаимодействии с электрофилами.
5. Ароматические углеводороды. Правило Хюккеля, понятие об ароматичности. Небензоидные ароматические системы. Реакции ароматического электрофильного замещения, их механизм. Эффекты заместителей.
6. Фенолы. Сравнить свойства фенольного и спиртового гидроксила. Образование фенолятов, образование простых и сложных эфиров. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование и др.
7. Амины. Электронное и пространственное строение аминов. Основность и кислотность аминов в зависимости от природы углеводородных радикалов. Взаимодействие аминов с электрофильными реагентами: образование солей, алкилирование, ацилирование, взаимодействие с азотистой кислотой.
8. Альдегиды и кетоны. Реакции, протекающие через стадию образования енольной формы.
9. Методы получения и химические свойства сложных эфиров.
10. Реакции нуклеофильного замещения и элиминирования в алкилгалогенидах и спиртах.