

Вопросы
вступительного экзамена в аспирантуру по направлению
18.06.01 Химические технологии,
Профиль направления
05.17.01 «Технология неорганических веществ»
по химическим и техническим наукам в 2016 г.

1. Периодический закон Д.И. Менделеева и строение атома

Основные представления о строении атома. Распределение электронов по АО. Принцип Паули. Правило Хунда. Квантовые числа. Атомные орбитали (*s*-, *p*-, *d*- и *f*-АО). Распределение электронов по АО.

Современная формулировка периодического закона. Структура периодической системы. Периоды и группы.

Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов: атомных и ионных радиусов, потенциала ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности.

Общая характеристика металлов и неметаллов. Изменение металлических и неметаллических свойств элементов по периоду и подгруппе Периодической системы. Основные классы химических соединений металлов.

Изменение кислотно-основных свойств оксидов и гидроксидов металлов в различной степени окисления в периодах и подгруппах Периодической системы.

2. Химическая связь и строение молекул

Развитие представлений о природе химической связи и понятие валентности. Гибридизация орбиталей. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность. Основные типы химической связи. Ковалентная связь. Полярная связь. Ионная связь. Водородная связь. Донорно-акцепторный способ образования связи. Ван-дер-ваальсовские взаимодействия.

Поляризационные представления в неорганической химии.

Химические и физические свойства веществ с различными типами связей. Энергия кристаллической решетки.

3. Комплексные (координационные) соединения

Комплексные (координационные) соединения. Основные понятия координационной теории.

Типы комплексных соединений по классификации лигандов, заряду координационной сферы, числу центральных атомов. Номенклатура комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений. Полиядерные комплексы. Изо- и гетерополисомы. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие. Константы устойчивости комплексов. Лабильность и инертность. Энтропийный вклад в энергетическую устойчивость комплексов, сольватный эффект, хелатный эффект. Природа химической связи в комплексных соединениях.

Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем. Спектрохимический ряд лигандов.

Механизмы реакций комплексных соединений. Реакции замещения, отщепления и присоединения лиганда, окислительно-восстановительные реакции.

Взаимное влияние лигандов в координационной сфере. Транс-влияние, цис-эффект. Внутрисферные реакции лигандов.

Взаимное влияние лигандов в координационной сфере. *Транс*-влияние И.И. Черняева, *цис*-эффект А.А. Гринберга.

Применение комплексных соединений в химической технологии.

Общие закономерности протекания химических реакций

Химическая термодинамика

4. Химическая термодинамика. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Термодинамические свойства неорганических веществ - энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Стандартное состояние. Первое начало термодинамики. Тепловой эффект химической реакции. закон Гесса. Теплоемкость, уравнение Кирхгофа.

5. Второе начало термодинамики, его применение к химическим процессам. Химический потенциал. Термодинамические потенциалы как мера работоспособности системы. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций.

6. Химический потенциал и фазовые равновесия в однокомпонентных и многокомпонентных системах.

7. Термодинамически необратимые и обратимые (квазистационарные) процессы.

Гомогенная реакция. Гетерогенная реакция. Химическое динамическое равновесие. Принцип Ле-Шателье. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Условие фазового равновесия. Диаграммы состояний. Константа равновесия гомогенных и гетерогенных реакций.

Основы химической кинетики

8. Основы химической кинетики. Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов. Скорость химической реакции, ее зависимости концентрации реагентов, давления и температуры. Порядок реакции. Константы скорости реакции. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Обратимые реакции. Закон действующих масс. Механизмы протекания реакций. Скорость лимитирующая стадия процесса. Внешнедиффузионная, внутридиффузионная и кинетическая области протекания процесса. Влияние катализатора на скорость реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ. Влияние катализатора на скорость реакции.

Растворы

Разбавленные растворы и их свойства. Коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов. Изотонический коэффициент. Закон Рауля. Изменения температуры кипения и замерзания. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.

Растворимость. Свойства воды как растворителя. Взаимодействие ионов с молекулами воды. Теплота растворения и теплота гидратации ионов. Произведение растворимости (Пр). Осаждение малорастворимых соединений. Факторы, влияющие на растворимость солей.

Теория электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты. Зависимость степени электролитической диссоциации от концентрации, температуры, природы растворителя, посторонних электролитов. Закон разбавления Оствальда. Основные понятия теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Активность и коэффициент активности.

9. Ионное произведение воды. Водородный показатель рН, шкала рН. Кислоты и основания. Гидролиз. Современные взгляды на природу кислот и оснований. Протолитическая теория.

10. Электрохимические свойства растворов. Окислительно-восстановительные пары. Электродный потенциал. Окислительно-восстановительные реакции и их направление. Уравнение Нернста. Термодинамика гальванического элемента. Электролиз.

Строение вещества

11. Аморфное и кристаллическое состояние вещества. Основные представления об аморфном (стеклообразном) и жидком состоянии вещества. Кристаллическое состояние вещества. Твердые растворы. Структура кристаллов. Геометрические представления о строении кристаллов: элементы симметрии кристаллической решетки; Сингонии - кубическая, гексагональная и т.д.; Типы кристаллических решеток. Анизотропия кристаллов. Дефекты кристаллических решеток. Фазовые переходы в кристаллах.

Керамика (общие понятия).

12. Применение монокристаллов в современной технике.

Физико-химические методы исследования синтеза, переработки и очистки неорганических веществ

13. Потенциометрия (рН-метрия),

14. дифференциально-термический и термогравиметрический анализ (ДТА и ТГА), дифракционные методы исследования. –

15. рентгенофазовый анализ (РФА). Дифракция рентгеновских волн. Картины Лауэ и Брэгга. Кристаллические структуры. Симметрия кристаллов.

Оптическая спектроскопия (ИК- и КР-спектры поглощения). Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).

Методы химического анализа: спектрофотометрия (электронные спектры в видимой и УФ-области), атомная абсорбция, масс-спектрометрия.

Методы синтеза и глубокой очистки веществ.

Особенности процессов синтеза, разделения и очистки, технические способы их реализации.

Высокотемпературные гетерогенные процессы разложения и синтеза (на примере керамики), окислительно-восстановительные процессы. Плазмохимические процессы. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез. Твердофазный синтез и его особенности. Использование механохимической активации.

Основные особенности технологии керамики.

Исследование поверхности и морфологии: определение удельной поверхности методом БЕТ, оптическая и электронная микроскопия.

Кристаллизация из растворов, расплавов и газовой фазы, фракционная конденсация, ректификация, абсорбция, адсорбция, ионный обмен (термодинамика ионного обмена и кинетика ионнообменной сорбции), экстракция, электрохимические методы.

Общие понятия об основных методах выращивания монокристаллов.

Выращивание кристаллов: ниобат (танталат) лития, титанат бария (стронция), калий титанит фосфат.

16. Адсорбция. Основные понятия. Типы адсорбционных взаимодействий. Характеристика сорбционных материалов.

17. Экстракция как метод разделения близких по свойствам редких металлов (ниобия и тантала).

Химия d-элементов

Химия d-элементов. Положение d-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность d-элементов к комплексообразованию. Закономерности изменения свойств d-металлов в 4, 5 и 6 периодах. Общая характеристика по группам. Оксиды, гидроксиды, ацидосоединения, металлаты (сложные оксиды) - получение и свойства. Комплексные соединения. Поликислоты и их соли. Пероксиды. Окислительно-восстановительные свойства соединений d-элементов, закономерности в стабильности различных степеней окисления.

18. Элементы группы IVB. Общая характеристика элементов IVB группы. Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Соли титана и циркония. Способность к комплексообразованию (комплексные соединения). Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Амфотерные свойства оксигидроксидов многовалентных металлов. Процессы оляции и оксоляции. Титанаты и цирконаты. Соли титанила и цирконила. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Применение титана, циркония, гафния и их соединений.

19. Элементы группы VB. Общая характеристика элементов VB группы. Оксиды и гидроксиды ниобия и тантала. Соли ниобия и тантала. Ванадаты, ниобаты и танталаты. Способность к комплексообразованию. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Амфотерные свойства оксигидроксидов многовалентных металлов. Процессы оляции и оксоляции. Применение ванадия, ниобия, тантала и их соединений.

Семейство железа: получение и физико-химические свойства соединений железа, кобальта и никеля. Оксиды и гидроксиды. Соединения железа, кобальта и никеля в различных степенях окисления. Комплексные соединения, особенности комплексов с d^6 -конфигурацией центрального атома. Применение железа, кобальта, никеля и их соединений.

Технология

Сырьевые ресурсы и основные направления их переработки.

Способы подготовки сырья: дробление, флотация, обжиг, растворение, сепарация.

Свойства, применение и способы получения инертных газов, азота, кислорода, водорода, синтез-газа.

Технология аммиака и азотной кислоты. Их свойства и применение.

20. Свойства и применение серной, фосфорной, соляной и фтористоводородной кислот. Способы их производства из различного сырья.

Азот-, фосфор- и калийсодержащие удобрения, комплексные удобрения, микроудобрения. Свойства и применение. Способы получения.

Сода, поташ, гидроксиды натрия и калия. Свойства и применение. Способы получения.

Основные способы получения, свойства и применение карбида кальция, термического фосфора, термической фосфорной кислоты, продуктов плазмохимической технологии.

Классификация, свойства и применение. Основные способы получения солей и реактивов минеральных кислот.

Гидрометаллургическая технология лопаритового, перовскитового и сфенового концентратов.

Комплексное использование титанового сырья.

Гидрохимические технологии получения соединений титана.

Сопоставление хлорной и сульфатной технологий лопарита.

Пирометаллургическое и химическое обогащение титановых концентратов.

Классификация, природа примесей.

Источники загрязнения: газообразные, жидкие и твердые отходы, тепловые выбросы, их свойства и характеристики.

Способы очистки технологических растворов от вредных примесей.

Защита окружающей среды при производстве неорганических веществ.

Характеристика жидких радиоактивных отходов.

Подходы к обращению с радиоактивными отходами.

Утилизация отходов.

Литература

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. 3-е изд. М.: Высш. шк., 2008.
2. Еремин В.В., Борщевский А.Я. Основы общей и физической химии: учебник. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 848с.
3. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. 3е изд. М.: Высш. шк. 1998.
4. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия. 2001.
5. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. М.: Мир. 1969. Т. 1-3.
6. Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая химия. М.: Мир. 1997.
7. Третьяков Ю.Д., Мартыненко Л.И., Григорьев А.Н., Цивадзе А.Ю. Неорганическая химия. М.: Химия, 2001. Т. 1, 2.
8. Хьюи Дж. Неорганическая химия: строение вещества и реакционная способность. М.: Химия. 1987.

Литература

1. Гиллеспи Р, Харгиттаи И. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки и строение молекул. М.: Мир. 1992.
2. Джонсон Д. Термодинамические аспекты неорганической химии. М.: Мир. 1985.
3. Драго А. Физические методы в химии. М.: Мир. 1981. Т. 1, 2.
4. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Строение вещества. М.: Высш. шк. 1978.
5. Н.А.Костромина, В.Н.Кумок, Н.А.Скорик. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк. 1990.
6. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк. 2001.
7. Некрасов Б.В. Основы общей химии. М.: Химия. 1972, 1973. Т. 1, 2.
8. Пиментел Дж., Кунрод Дж. Возможности химии сегодня и завтра. М.: Мир. 1992.
9. Полторак О.И., Ковба Л.М. Физико-химические основы неорганической химии. М.: Изд. Моск. ун-та. 1984.
10. Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия. М.: Изд. Моск. ун-та. 1991, 1994. Т.1, 2.
11. Турова Н.Я. Неорганическая химия в таблицах. М.: ВХК РАН. 1999.
12. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк. 2001.
13. Уэллс А. Структурная неорганическая химия. М.: Мир. 1987. Т. 1-3
14. Фримантл М. Химия в действии. М.: Мир. 1991. Т. 1, 2.

Литература

1. Зимон А.Д. Коллоидная химия наночастиц / А.Д. Зимон, А.Н.Павлов.- М.:Науч.мир, 2012. -212с.
2. Казарян М.А. Электродиффузия структурированных растворов солей в жидких полярных диэлектриках / М.А. Казарян, И.В.Ломов, И.В. Шаманин. - М.:Физматлит, 2011.-192с.
3. Колокольцев С.Н. Углеродные материалы свойства, технологии, применения / С.Н. Колокольцев. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 295с.
4. Краткая энциклопедия по структуре материалов Ред. Д.В. Мартин.-М.: Техносфера, 2011 - 606 с.
5. Мельниченко Е.И. Фторидная переработка редкометалльных руд Дальнего Востока / Е.И.Мельниченко. -Владивосток: Дальнаука, 2002.-2 62с.
6. Тоуб М. Механизмы неорганических реакций / М. Тоуб, Дж.Берджесс. -М.: БИНОМ, 2012. -678с.
7. Фононные спектры монокристаллов ниобата лития / Н.В. Сидоров [и др.]-РАН. КНЦ. ИХТРЭМС. - Апатиты, 2012. - 213с.

Литература

1. Вилков Л. В., Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии. М.: Изд-во МГУ. Ч. 1. 1987. Ч. 2. 1989.
2. Полторак О. М. Термодинамика в физической химии М.: Высшая школа. 1991.

3. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. М.: Мир. 2002
4. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир. 1979.
5. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г. А. Электрохимия. М.: Химия. 2001. 624 с.
6. Даниэльс Ф. Олберти Р. Физическая химия. М.: Мир. 1978.
7. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А. Введение в электрохимическую кинетику. М.: Высшая школа. 1983.
8. Денисов Е. Т., Саркисов О. М., Лихтенштейн Г. И. Химическая кинетика. М.: Химия. 2000.
9. Эмануэль Н. М., Кнорре Д. Г. Курс химической кинетики. М.: Высшая школа. 1984.

Литература

1. Позин М.Е., Зинюк Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. Л.: Химия, 1985. 369 с.
2. Карапетьянц М.Х. Введение в теорию химических процессов. М.: Высшая школа, 1981. 333 с.
3. Основы жидкостной экстракции, под ред. Г.А. Ягодина, М.: Химия, 1981. 400 с.
4. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 592 с.
5. Электротермические процессы химической технологии, под ред. В.А. Ершова. Л.: Химия, 1984. 464 с.
6. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. М.: Химия, 1999. 472 с.
7. Степин Б.Д., Горштейн И.Г., Блюм Г.З., Курдюмов Г.М., Оглоблина И.П. Методы получения особо чистых неорганических веществ. Л.: Химия, 1969. 480 с.
8. Андреев Б.М., Зельвенский Я.М., Катальников С.Г. Разделение стабильных изотопов физико-химическими методами. М.: Энергоатомиздат, 1982. 208 с.
9. Семенов В.П., Кисилев Г.Ф., Орлов А.А. Производство аммиака. М.: Химия, 1985. 368 с.
10. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1985. 385 с.

Литература

1. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. Л.: Химия, 1989. 352 с.
2. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. М.: Химия, 1978. 359 с.
3. Пархоменко В.Д., Цыбунов П.Н., Краснокутский Ю.И. Технология плазмохимических процессов. Киев.: Выща школа, 1991. 256 с.
4. Розовский А.Я. Гетерогенные химические реакции. М.: Наука, 1980. 324 с.
5. Широков Ю.Г. Теоретические основы технологии неорганических веществ. Иваново: ИГХТУ, 2000. 336 с.

Литература

1. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Строение вещества. М.: Высшая школа, 1978.
2. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии. М.: Мир, 1979.
3. Кемпбел Дж. Современная общая химия. М.: Мир, Т. 1-3, 1975.
4. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1982.
5. Ария С.М., Семенов И.Н. Краткое пособие по химии переходных элементов. Л.: Из-во Ленингр. ун-та, 1972.
6. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. М.: Химия, 1999.
7. Соколов Р.С. Химическая технология. М.: ВЛАДоС, 2000.
8. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, ч. 1,2, 1995.

9. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппаратура химической технологии. М.: Химия, 1973.
10. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1967.
11. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы. Л.: Химия, 1981.
12. Ритчи Г.М., Эшбрук А.В. Экстракция. Принципы и применение в металлургии. М.: Металлургия, 1983.
13. Ягодин Г.А., Каган С.З., Тарасов В.В. и др. Основы жидкостной экстракции. М.: Химия, 1981.
14. Шемякин Ф.М., Стенин В.В. Ионообменный хроматографический анализ металлов. М.: Металлургия, 1965.
15. Сб. «Гидрометаллургия». Под ред. Ласкорина Б.Н. М., Металлургия, 1971.
16. Раков Э.Г., Хаустов С.В. «Процессы и аппараты производств радиоактивных и редких металлов». М.: Металлургия, 1993.
17. Борбат В.Ф. «Гидрометаллургия». М.: Металлургия, 1986.
18. Кушелев В.П. «Охрана природы от загрязнений промышленными выбросами». М.: 1979.
19. Грушко Я.М. «Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах». Л.: Химия, 1979.
20. Степин Б.Д., Горштейн И.Г., Блюм Г.З. и др. «Методы получения особо чистых неорганических веществ». Л.: Химия, 1969.
21. Сб. «Строение и свойства адсорбентов и катализаторов». Под ред. Линсена Б.Г. М.: Мир, 1973.
22. Плаксин И.Н., Тэтару Г.А. «Гидрометаллургия с применением ионитов». М.: Металлургия, 1964.
23. Гиндин Л.М. «Экстракционные процессы и их применение». М.: Наука, 1984.
24. Лебедев К.Б., Казанцев Е.И., Розманов В.М. и др. «Иониты в цветной металлургии». М.: Металлургия, 1975.
25. Берестовой А.М. «Жидкостная экстракция в химической промышленности» Л.: Химия, 1977.
26. Зеликман А.Н., Вольдман Г.М., Белявская Л.В. «Теория гидрометаллургических процессов». М.: Металлургия, 1983.
27. «Новое в развитии минерально-сырьевой базы редких металлов». Сб. статей. М.: РАН, 1991.
28. Ягодин Г.А., Синегрибова О.А., Чекмарев А.М. «Технология редких металлов в атомной технике». М.: Атомиздат, 1974.
29. «Химия и технология редких и рассеянных элементов». Под ред. Большакова К.А. М.: Высшая школа, т. 1-3, 1976.
30. Коган Б.И. «Редкие металлы». М.: Наука. 1978.
31. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. «Металлургия редких металлов». М.: Металлургия, 1991.
32. Финкельштейн Д.Н. «Чистые вещества». М.: Атомиздат, 1975.
33. Зеликман А.Н. «Металлургия тугоплавких редких металлов». М.: Металлургия, 1986.
34. «Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов России в XXI веке». Тезисы докладов Межд. симпозиума, М.: 1998.
35. Коровин С.С., Зимина Г.В., Резник А.М. и др. «Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология». М.: МИСИС, т. 1 - 1996; т. 2 - 1999; т. 3 - 2002.
36. Зеликман А.Н., Меерсон Г.А. «Металлургия редких металлов». М.: Металлургия, 1973.

37. Морачевский Ю.В., Церковницкая И.Я. «Основы аналитической химии редких элементов». Л.: Из-во Ленингр. ун-та, 1980.
38. Крешков А.П. «Основы аналитической химии». М.: Химия, т.т. 1,2 - 1976, т. 3 - 1977.