

1. Цели и задачи вступительного экзамена определение уровня базовой и специальной профессиональных компетентностей будущих магистров в области химии. В ходе вступительных испытаний оцениваются обобщенные знания и умения абитуриентов по химии, выявляются склонности поступающих к научно-исследовательской деятельности в области дальнейшего направления подготовки: неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, аналитическая химия.

2. Основные требования к уровню подготовки бакалавров

В ходе вступительного испытания поступающий в магистратуру абитуриент должен продемонстрировать:

владение базовым понятийным аппаратом в области химии и основами научного языка, используемого в области естественных наук;

умение решать задачи на установление причинно-следственной связи между пространственным и электронным строением веществ и их реакционной способностью на основе использования базовых понятий и основных законов химии (Периодический закон, теории химической связи, теории строения органических соединений);

умение решать типовые расчетные задачи по химии на основе известных алгоритмов по следующим темам: расчеты по формулам веществ и уравнениям химических реакций; расчет тепловых эффектов реакций; расчеты равновесий обменных и окислительно-восстановительных процессов в растворах электролитов.

3. Критерии оценки экзаменационных работ

Экзаменационная работа состоит из 18 тестовых заданий по четырем разделам: неорганической, аналитической, органической и физической химии. Ответы абитуриентов оцениваются по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов, выставляемых за экзаменационную работу – 100.

Экзаменационная работа включает:

– **задания с выбором ответа** (8 заданий). Правильное решение каждого задания оценивается 3 баллами. Задание считается *выполненным верно*, если указан номер правильного ответа. Задание считается *невыполненным*, если:

указан номер неправильного ответа;

указаны номера двух и более ответов, в том числе правильного;

номер ответа не указан.

– **задания, требующие краткого ответа** (6 заданий). Правильные ответы оцениваются по 6 баллов. Критерием оценки ответа на данные вопросы теста является соответствие элементам содержания, представленным в образце верного ответа (ключе). Для каждого задания в ключе представляется модель ответа и шкала, по которой каждый из элементов содержания ответа (составление уравнения химической реакции, определение количеств веществ, расчет массы вещества и т.п.) оценивается определенным количеством баллов.

Абитуриент может получить за выполнение задания не только максимальный, но и неполный балл в зависимости от полноты и правильности представленного ответа. Элементы не отраженные в ключе, но представленные в ответе абитуриента не оцениваются (например, в ответе дополнительно приведены уравнения реакции, осуществлены расчеты не соответствующие вопросу задания).

– **задание с развернутым ответом** (4 задания). Правильные решения заданий оцениваются по 10 баллов.

Примеры вопросов и типов заданий Задания с выбором ответа:

В дробном анализе реактивом Несслера определяется катион:

1. Hg^{2+} ; 2. NH_4^+ ; 3. K^+ ; 4. Al^{3+} .

Скорость гомогенной газофазной реакции третьего порядка при увеличении давления в два раза:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. увеличится в 2 раза; | 2. уменьшится в 4 раза; |
| 2. 3. увеличится в 8 раз; | 4. увеличится в 6 раз. |

Задания, требующие краткого ответа:

Расположите следующие соединения в порядке уменьшения реакционной способности в реакциях электрофильного замещения:

1. бензол;
2. пиридин;
3. толуол;
4. нитробензол;
5. анилин;
6. пара-ксилол;

Задание с развернутым ответом:

Расчетные задачи или цепочки химических превращений.

4. Порядок проведения вступительных испытаний

В определенное расписанием время абитуриенты должны занять места в назначенной аудитории, с собой необходимо иметь: паспорт, экзаменационный лист, 2 ручки (синие или черные). После размещения всех допущенных к вступительным испытаниям представитель экзаменационной комиссии объясняет правила оформления ответа и раздает листы с экзаменационными заданиями. Продолжительность вступительных 1,5 астрономических часа (90 минут). По окончании отведенного времени абитуриенты должны сдать листы ответа представителям экзаменационной комиссии и выйти из аудитории. Черновики не проверяются. На экзамене абитуриентам предоставляются: периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева, таблица растворимости оснований, кислот и солей в воде. Объявление итогов экзаменов происходит в соответствии с графиком оглашения результатов вступительных испытаний.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Раздел «Неорганическая химия»

Основные понятия: химический элемент, простое вещество, химическое соединение. Атомы, изотопы, молекулы, радикалы. Номенклатура и классификация неорганических соединений. Строение атома. Экспериментальные основы современной модели строения атома. Квантово-механическое описание атома. Вероятностная модель строения атома. Квантовые числа, их физический смысл, пределы изменения. Атомные орбитали. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули, правило Хунда, правило Клечковского. Последовательность заполнения электронами атомных орбиталей. Периодический закон Д.И. Менделеева и электронное строение атомов. Структура периодической системы. Понятие о периоде и группе. Классификация химических элементов. Внутренняя и вторичная периодичность. Диагональное сходство элементов. Характер изменения основных характеристик атомов (радиус, энергия ионизации, энергия сродства к электрону, относительная электроотрицательность) в периодах и группах. Периодичность в изменении состава, строения, кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений. Химическая связь. Основные типы химических связей (σ -, π - и δ - связи). Основные характеристики химической связи. Понятие о ковалентных, ионных и молекулярных кристаллах. Метод валентных связей. Ковалентная связь. Механизмы образования химической связи: обменный, донорно-акцепторный, дативный. Гибридизация атомных орбиталей. Геометрическое строение молекул и ионов. Полярность молекул и ионов. Диамагнитные и парамагнитные молекулы. Метод молекулярных орбиталей. Основные положения метода молекулярных орбиталей. Гипервалентные связи. Ионная связь и ионные кристаллы. Поляризация ионов. Применение поляризационных представлений для объяснения характера изменений кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений. Металлическая связь. Межмолекулярные силы взаимодействия: ориентационное, индукционное, дисперсионное. Водородная связь.

Координационная теория Вернера. Важнейшие представления координационной химии. Комплексные соединения. Номенклатура комплексных соединений. Изомерия. Устойчивость комплексных ионов. Особенности химической связи в комплексных соединениях. Гибридизация атомных орбиталей

центрального атома (иона) и геометрическая конфигурация комплексного иона. Основные положения теории кристаллического поля. Расщепление энергии d -электронов в полях различной симметрии: октаэдрическом, тетраэдрическом и квадратном. Энергия стабилизации полем лигандов. Высоко- и низкоспиновые комплексы. Спектрохимический ряд лигандов. Комплексы сильного и слабого полей. Химическая теория водных растворов. Способы выражения концентрации растворов: массовая доля, молярная доля, молярная, нормальная, моляльная концентрации. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Сильные и слабые электролиты. Кислоты, основания, амфотерные гидроксиды и соли с точки зрения теории электролитической диссоциации. Константы диссоциации слабых электролитов. Ступенчатая диссоциация. Электролитическая диссоциация воды. Ионное произведение воды. Водородный показатель. Протолитическая теория кислот и оснований Бренстеда-Лоури. Протолитические равновесия. Роль растворителя в кислотно-основных взаимодействиях. Электронная теория кислот и оснований Льюиса. Теория сольвосистем. Ионные реакции в растворах. Гидролиз солей и галогенангидридов. Гетерогенные равновесия. Произведение растворимости. Химия элементов главных подгрупп. Общая характеристика группы. Простые вещества. Водородные соединения. Оксиды, гидроксиды и соли. Способы получения и химические свойства соединений. Взаимодействия элементов и их соединений с водой. Химия переходных элементов. Общая характеристика d -элементов. Характерные свойства соединений $3d$ -элементов в разных степенях окисления. Особенности $4d$ -и $5d$ -элементов. Сопоставление свойств элементов главных и побочных подгрупп. Причины сходства и различий. Химия f -элементов. Лантаноиды и актиноиды. Особенности электронного строения f -элементов. Важные степени окисления. Свойства характерных соединений. Радиоактивность. Бионеорганические аспекты «металлов жизни». Основы химической технологии производства неорганических веществ.

Раздел аналитическая химия

Химическое равновесие в гомогенных системах. Закон действующих масс. Константа равновесия, её физический смысл.

Идеальные и реальные системы. Побочные процессы, которые могут протекать в реальных системах. Уравнение материального баланса, коэффициенты конкурирующих реакций.

Ионная сила раствора. Активность и коэффициент активности. Термодинамические, концентрационные и условные константы равновесия, их связь.

Типы гетерогенных систем, используемых в аналитической химии. Химическое равновесие в системе «раствор – осадок». Произведение растворимости. Математическая связь между растворимостью и произведением растворимости.

Факторы, влияющие на растворимость осадков. Солевой эффект, эффект присутствия одноименного иона, влияние конкурирующих реакций.

Экстракция. Основные параметры, характеризующие экстракционное разделение и концентрирование: степень извлечения и фактор разделения. Константа экстракции и её связь с коэффициентом распределения. Расчёт числа экстракций, необходимых для полного извлечения компонента в органическую фазу.

Хроматографические методы разделения в аналитической химии. Их классификация по природе фаз, механизму разделения, технике выполнения. Бумажная и тонкослойная хроматография. Техника выполнения работ (восходящая, нисходящая, двумерная).

Ионизация растворителей. Автопротолиз. Недостатки теории кислот и оснований Аррениуса. Протолитическая теория Бренстеда – Лоури, её достоинства. Классификация растворителей с точки зрения протолитической теории кислот и оснований. Влияние растворителей на протолитическое поведение растворённого вещества.

Вычисление рН растворов сильных и слабых кислот и оснований при достаточно высоких и при низких их концентрациях.

Комплексные соединения и основные аспекты использования их в аналитической химии. Катионные, анионные и нейтральные комплексные соединения. Прочность комплексов. Полные и ступенчатые константы устойчивости комплексных соединений. Внутрикомплексные соединения.

Окислительно-восстановительные реакции и основные аспекты использования их в аналитической химии. Стандартные потенциалы. Уравнение Нернста. Влияние окислительно-

восстановительных потенциалов на направление окислительно-восстановительных реакций. Факторы, влияющие на величину реальных окислительно-восстановительных потенциалов: ионная сила раствора, кислотность среды, протекание конкурирующих реакций осаждения, комплексообразования.

Сущность гравиметрического метода анализа. Прямые и косвенные способы гравиметрии. Общая схема прямых гравиметрических определений. Осадкообразование. Кристаллические и аморфные осадки, условия их образования. Осаждаемая и весовая формы осадков, требования к ним. Основные источники загрязнения осадков.

Сущность титриметрического анализа. Первичные и вторичные стандарты, исходные вещества, момент эквивалентности, кривые титрования, индикаторы титрования. Общие требования к реакциям, лежащим в основе титриметрических определений. Типы реакций, используемых в титриметрии, классификация методов титриметрии. Основные источники ошибок в титриметрии.

Физико-химические методы анализа, их место в ряду аналитических методов. Классификация физико-химических методов анализа, их достоинства.

Схема проведения анализа методом эмиссионной фотометрии пламени, условия проведения анализа. Основные узлы пламенно-фотометрической установки. Характеристика пламени как источника возбуждения. Общая схема процессов, происходящих в пламени. Виды помех в фотометрии пламени, их устранение.

Основные параметры, характеризующие электромагнитное излучение. Происхождение спектров излучения и поглощения. Понятие о цвете растворов. Основной закон светопоглощения растворами. Оптическая плотность и пропускание, их связь с концентрацией и пределы измерений. Молярный коэффициент поглощения как мера чувствительности фотометрической реакции. Типы фотометрируемых систем и условий фотометрических определений.

Явление люминесценции. Отличие люминесценции от других видов излучения. Классификация явлений люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция с точки зрения электронных переходов. Связь спектров поглощения и люминесценции. Законы Стокса – Ломмеля, Вавилова. Правило зеркальной симметрии Левшина.

Электрогравиметрический анализ. Теоретические основы, области применения, аппаратура. Поляризация электрода. Виды поляризации: химическая, электрохимическая, концентрационная. Внутренний электролиз. Электролиз с ртутным катодом.

Полярграфический метод анализа. Теоретическое обоснование, принципиальная схема установки для выполнения анализа. Условия проведения электролиза в полярографии. Вольт-амперная кривая. Остаточный и предельный токи. Качественный и количественный полярографический анализ. Подготовка раствора к полярографированию. Устранение источников, искажающих вольт-амперные кривые (растворенный кислород, максимумы первого и второго рода)

Потенциометрический метод анализа. Теоретическое обоснование метода. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Функции электродов, основные требования, предъявляемые к ним. Факторы, определяющие выбор индикаторного электрода. Функции электродов, основные требования, предъявляемые к ним. Факторы, определяющие выбор индикаторного электрода. Прямая и косвенная потенциометрия. Потенциометрическое титрование. Виды кривых потенциометрического титрования, способы определения конечной точки титрования. Факторы, определяющие величину скачка потенциала индикаторного электрода при использовании различных типов химических реакций.

Раздел «Органическая химия»

Классификация и номенклатура органических соединений. Общие представления о типах химических связей в органических соединениях. Применение квантовохимических методов МО и ВС для описания ковалентной связи. Взаимное влияние атомов в молекулах и способы его передачи. Электронные (индуктивный, мезомерный и эффект поля) и пространственные эффекты в молекулах органических соединений. Стереоиomerия органических молекул. Ковалентные, ван-дер-ваальсовы радиусы и валентные углы. Конформационная изомерия в ряду алканов, проекции Ньюмена. Конформации циклических систем. *Z,E*-Изомерия в ряду ненасыщенных и циклических соединений.

Оптическая изомерия. Правила Кана-Ингольда-Прелога. Проекционные формулы Фишера. Абсолютная и относительная конфигурация. Энантиомеры, диастереомеры, мезо-соединения и их свойства. Рацемическая смесь и способы её разделения. Кислотно-основные свойства органических соединений. Теории кислот и оснований (Бренстеда-Лоури, Льюиса, принцип ЖМКО). Зависимость кислотно-основных свойств органических соединений от природы атома в кислотном центре и влияния электронных эффектов заместителей. Классификация органических реакций. Общие представления о механизмах органических реакций. Кинетический и термодинамический контроль реакции. Характер реагентов и типы интермедиатов. Реакции радикального замещения в химии алканов, циклоалканов и алкенов (аллильное галогенирование). Радикальное и электрофильное присоединение в ряду ненасыщенных алифатических углеводородов. Электрофильное замещение в ароматическом ряду, влияние природы заместителя на ориентацию и скорость замещения. Нуклеофильное замещение атома галогена при sp^3 -гибридном атоме углерода, факторы, влияющие на реализацию механизмов SN_1 и SN_2 , стереохимия реакций замещения. Реакции элиминирования в ряду спиртов и галогенпроизводных, конкуренция с реакциями замещения. Нуклеофильное присоединение в химии алкинов и карбонильных соединений.

Углеводороды алифатического ряда. Природные источники углеводородов. Нефть, ее переработка. Термический и каталитический крекинг. Практическое значение крекинга. Сравнительная характеристика простой, двойной и тройной углерод-углеродной связи. Строение и сравнительная реакционная способность алканов, алкенов и алкинов. Алкены, алкины и алкадиены в реакциях электрофильного присоединения. Циклические углеводороды. Циклоалканы: методы синтеза, строение и сравнительная реакционная способность в зависимости от размера цикла. Ароматические углеводороды. Современные представления о строении бензола. Правило ароматичности Хюккеля. Реакции аренов, ведущие к неароматическим соединениям, реакции электрофильного замещения, реакции с участием боковых цепей. Галогенпроизводные углеводородов: методы синтеза, реакции нуклеофильного замещения и элиминирования. Кислородсодержащие органические соединения. Спирты и фенолы. Общие методы синтеза. Сравнительная характеристика строения, основных, нуклеофильных и ОН-кислотных свойств спиртов и фенолов. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов. Многоатомные спирты и фенолы, их практическое применение. Карбонильные соединения (альдегиды и кетоны). Строение и сравнительная реакционная способность. Реакции с участием карбонильной группы (нуклеофильное присоединение) и содержащего водород α -углеродного атома (альдольно-кетоновая конденсация), а также реакции окисления. Карбоновые кислоты и их производные. Методы синтеза. Влияние межмолекулярных водородных связей на физические свойства карбоновых кислот. Кислотные свойства (связь между строением и константами кислотности). Синтез производных карбоновых кислот (ангидридов, галогенангидридов, сложных эфиров, амидов и нитрилов). Сравнение карбоновых кислот и их производных по ацилирующей способности. Двухосновные предельные карбоновые кислоты. Общие и специфические свойства. Малоновый эфир: получение, строение и использование в органическом синтезе. Окси- и кетокислоты. Общие методы синтеза. Взаимное влияние функциональных групп и их реакционная способность. Отношение к нагреванию α -, β - и γ -оксикислот. Ацетоуксусный эфир. Получение, строение, кето-енольная таутомерия. Реакции, характеризующие кетонную и енольную формы. Строение и амбидентные свойства аниона ацетоуксусного эфира, а также использование его в органическом синтезе. Углеводы. Роль в природе и классификация. Моносахариды: классификация, стереоизомерия, кольчато цепная таутомерия, явление мутаротации, эпимеризация и другие химические свойства, подтверждающие их строение. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды (мальтоза, лактоза, целлобиоза и сахароза). Строение, отношение к окислителям, кислотное и ферментативное расщепление. Полисахариды (крахмал, гликоген, целлюлоза). Строение, значение для жизнедеятельности человека и животных. Практическое использование производных целлюлозы. Азотсодержащие органические соединения. Нитросоединения: получение, электронное строение нитрогруппы, таутомерия, SN -кислотные свойства, а также превращения в кислой среде и восстановление. Алифатические и ароматические амины. Сравнительная характеристика строения, основных, нуклеофильных, NH -кислотных свойств. Реакции электрофильного замещения в ряду ариламинов. Четвертичные аммонийные основания и их использование в межфазном катализе. Ароматические diaзосоединения:

методы получения, реакции с выделением и без выделения азота. Азокрасители, зависимость их строения от pH среды. Гетероциклические соединения. Классификация. Ароматические пяти- и шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения. Классификация и номенклатура полимеров. Уровни структурной организации высокомолекулярных соединений. Методы синтеза полимеров. Цепная полимеризация. Типы инициирования. Сополимеризация. Ступенчатая полимеризация (поликонденсация). Химические превращения полимеров. Роль полимеров в современном мире.

Строение и свойства основных классов биополимеров: белков, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот, их биологические функции и роль в живой природе. Химическая природа и строение ферментов. Основы ферментативного катализа. Понятие об обмене веществ и энергии как необходимом условии существования живого организма. Роль макроэргических соединений.

Раздел «Физическая химия»

Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия, теплота, работа. Энтальпия. Тепловой эффект процессов при постоянном давлении и при постоянном объеме. Закон Гесса. Термохимия. Теплоты образования, сгорания, растворения. Теплоемкость: средняя и истинная, при постоянном давлении, при постоянном объеме. Зависимость теплоемкости от температуры. Влияние температуры на тепловой эффект химической реакции. Уравнение Кирхгофа. Второе начало термодинамики. Энтропия как функция состояния. Расчет энтропии в обратимых и необратимых процессах. Энтропия и термодинамическая вероятность. Термодинамический потенциал. Энергия Гиббса. Работа химической реакции. Энтропия и связанная энергия. Изменение термодинамического потенциала в определении самопроизвольности процесса. Химический потенциал и его связь с термодинамическим потенциалом. Активность. Коэффициент активности. Химическое равновесие. Способы выражения константы равновесия. Термодинамика и закон действующих масс. Уравнение изотермы-изобары химической реакции. Связь между изобарно-изотермическим потенциалом и константой равновесия. Уравнение изобары и изохоры химической реакции. Влияние температуры и давления на химическое равновесие. Термодинамика растворов. Химический потенциал компонента в идеальном растворе. Активность и коэффициент активности компонентов в растворе. Равновесие «жидкость-пар». Закон Рауля и отклонения от него. Диаграммы равновесия «жидкость-пар». Законы Коновалова. Теория перегонки. Равновесие «жидкость/твердое». Эбуллиоскопия и криоскопия. Растворимость твердых веществ и ее зависимость от температуры. Осмотическое давление. Экстракция. Равновесие «жидкость-газ». Зависимость растворимости газов от температуры и давления. Закон Генри. Растворы электролитов. Электролитическая диссоциация. Изотонический коэффициент. Связь степени диссоциации с концентрацией и константой диссоциации. Гидратация и сольватация. Электропроводность растворов электролитов: удельная и эквивалентная. Уравнение Кольрауша. Подвижность ионов и числа переноса. Кондуктометрия. Электродное равновесие. Типы и классификация электродов. Уравнение Нернста. Стандартный электродный потенциал. Уравнение Гиббса-Гельмгольца электродной реакции. Гальванические элементы. ЭДС и термодинамика гальванического элемента. Методы измерения ЭДС. Потенциометрическое титрование. Определение констант кислотной и основной диссоциации. Химические источники энергии. Электролиз. Законы электролиза. Электродная поляризация и перенапряжение. Кинетика химических реакций. Скорость реакции и закон действия масс. Кинетическое уравнение. Молекулярность и порядок реакции. Константа скорости реакции. Методы определения порядка и константы скорости реакции. Температурная зависимость скорости реакции. Уравнение Аррениуса и энергия активации реакции. Катализ и равновесие. Примеры гомогенных и гетерогенных каталитических реакций. Механизмы кислотно-основного и окислительно-восстановительного катализа. Методы исследования химических веществ. Виды анализа: элементный, молекулярный, фазовый, вещественный, изотопный, функциональный. Химические, физико-химические и физические методы анализа. Основные критерии выбора методов химического анализа. Общая схема и основные этапы химического анализа.

Список рекомендуемой литературы: к разделу «Неорганическая химия»

1. Ахметов Н.С. Неорганическая химия: учеб. для вузов. М.: Высш. шк. 2005.
2. Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая химия: учеб. для вузов. СПб: Химиздат. 2007.
3. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия: учеб. для вузов. М.: Высш. шк. 2007.
4. Хьюи Дж. Неорганическая химия. М.: Химия. 1987.
5. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Строение вещества. 3-изд. М.: Высш. шк. 2003.
6. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии. М.: Мир. 1979.

к разделу «Органическая химия»

7. Белобородов В.Л., Зурабян С.Э., Лузин А.П., Тюкавкина Н.А. Органическая химия: учебн. для вузов: В 2 кн./ под ред. Тюкавкиной Н.А. М.: Дрофа, 2002, 2009.
8. Травень В.Ф. Органическая химия: учебн. для вузов: В 2т. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.
9. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия: учеб. для вузов/ под ред. Стадничука М.Д. СПб.: «Иван Федоров», 2002.
10. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия: учебн. для вузов: В 4 т. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004.
11. Шабаров Ю.С. Органическая химия: учебн. для вузов. М.: Химия, 2002.
12. Берестовицкая В.М., Липина Э.С. Химия гетероциклических соединений. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2007.
13. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: учебн. для вузов. Н. Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского; М.: Изд. центр «Академия», 2003.
14. Комов В.П., Шведова В.Н. Биохимия: учебн. для вузов. М., Дрофа, 2008.
15. Кухта В.К., Морозкина Т.С., Олецкий Э.И., Таганович А.Д. Биологическая химия: учебн. для вузов / под ред. Тагановича А.Д. Минск: Асар, М.: БИНОМ, 2008.

к разделу «Физическая химия»

16. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия: учебн. для вузов. М.: Высш. шк. 2003 г.
17. Соколова О.Б., Поваров В.Г., Гавронская Ю.Ю. Химическая кинетика. СПб: изд. РГПУ им. А.И.Герцена, 2007.
18. Гавронская Ю.Ю., Борисов А.Н., Соколова О.Б. Электропроводность растворов электролитов. СПб: изд. РГПУ им. А.И.Герцена. 2006.
19. Добычин Д.П., Каданер Л.И., Серпинский В.В. и др. Физическая и коллоидная химия: учебн. для вузов. М.: Просвещение. 1986.
20. Васильев В.П. Аналитическая химия: учебн. для вузов: В 2-х т. М.: Высш.шк. 1989.
21. Основы аналитической химии: учебн. для вузов: В 2-х кн. / Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш. шк. 1996.
22. Полторак О.М. Термодинамика в физической химии: учебн. для вузов. М.: Высш. шк. 1991.
23. Валова В.Д., Абесадзе Л.Г. Физико-химические методы анализа: Практикум. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко». 2010.
24. Тимонов А.М. Электрохимические методы исследования металлокомплексов.// Изд. РГПУ им. А.И. Герцена, СПб, 2012.