

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И. КАНТА

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель ОНК
«Институт медицины и наук
о жизни (МЕДБИО)»
Агапов М.А.
«____»_____2023 г.

ПРОГРАММА КОМПЛЕКСНОГО ЭКЗАМЕНА

по программе магистратуры

Направление **04.04.01 Химия**

Программа **Химическая экспертиза**

Калининград
2023

Лист согласования

Составитель: ОНК «Институт медицины и наук о жизни (МЕДБИО)», к.г.н., Королева Ю.В.,
ОНК «Институт медицины и наук о жизни (МЕДБИО)», к.х.н., Масютин Я.А., ОНК
«Институт медицины и наук о жизни (МЕДБИО)», к.т.н., Ван Е.Ю.

Программа одобрена Ученым советом ОНК «Институт медицины и наук о жизни (МЕДБИО)»

Протокол № ___ от «__» _____ 2023 г.

Председатель Ученого совета

ОНК «Институт медицины и наук о жизни (МЕДБИО)» _____ Агапов М.А.

Руководитель образовательной программы _____ Ушакова Л.О.

Настоящая программа разработана для поступающих в магистратуру **04.04.01 Химия** программа **Химическая экспертиза**.

Абитуриенты, желающие освоить основную образовательную программу магистратуры по направлению **04.04.01 Химия**, должны иметь образование не ниже высшего образования (бакалавриат, специалитет или магистратура), в том числе образование, полученное в иностранном государстве, признанное в Российской Федерации, и ознакомиться с Правилами приема в Балтийский федеральный университет им. И. Канта на обучение по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры.

Целью вступительного испытания является оценка базовых знаний, поступающих в магистратуру с точки зрения их достаточности для освоения образовательной программы по направлению **04.04.01 Химия**.

Комплексный экзамен по программе магистратуры проводится на русском языке в очной или дистанционной форме по выбору поступающего. Комплексный экзамен проводится в форме компьютерного тестирования.

Содержание программы

Раздел 1. Общая и неорганическая химия

1. Основные законы и понятия химии. Закон постоянства состава. Закон кратных и объемных отношений. Закон Авогадро. Атомные и молекулярные массы. Количество вещества. Молярная масса и молярный объем вещества. Эквивалент. Количество вещества эквивалентов. Закон эквивалентов.

2. Строение атома. Модели строения атома. Планетарная модель. Атомные спектры. Квантовая теория света. Гипотеза де Бройля. Понятие о квантовой механике. Квантово-механическая модель атома. Квантовые числа. Распределение электронов в многоэлектронных атомах. Принцип минимума энергии. Правило Клечковского. Принцип Паули. Правило Хунда.

3. Периодический закон Д.И. Менделеева. Структура периодической системы. Периодические свойства атомов и ионов элементов. Атомные и ионные радиусы. Влияние номера периода и номера группы на свойства атомов и ионов элементов.

4. Химическая связь и строение молекул. Теория химического строения. Образование химической связи. Понятие о квантовой химии. Виды химической связи. Электроотрицательность. Ионность связи. Ковалентная связь. Ионная связь. Металлическая связь. Дальнействующие связи, виды межмолекулярных взаимодействий. Водородная связь.

5. Агрегатные состояния вещества. Твердое состояние. Кристаллическое и аморфное состояние вещества. Жидкости. Газообразное состояние вещества. Плазма.

6. Основные понятия химической термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия. Превращения энергии при химических реакциях. Термохимия. Закон Лавуазье-Лапласа. Закон Гесса и следствия из него. Факторы, определяющие направление протекания химических реакций. Энтропия. Энергия Гиббса. Стандартные термодинамические величины. Химико-термодинамические расчеты.

7. Химическая кинетика и химическое равновесие. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость химической реакции, в т.ч. природа реагирующих веществ, концентрация реагирующих веществ, температура. Закон действующих масс. Правило Вант-Гоффа. Скорость реакций в гомогенных и гетерогенных системах. Катализ. Цепные реакции. Необратимые и обратимые реакции. Смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье.

8. Физическая химия растворов и фазовые равновесия. Понятия компонента и фазы. Фазовые диаграммы на примере диаграммы воды. Характеристика растворов. Физико-

химическая сущность процесса растворения веществ. Водные и неводные растворы. Способы выражения состава растворов. Гидраты и кристаллогидраты. Факторы, влияющие на растворимость веществ. Осмос. Давление пара растворов. Замерзание и кипение растворов. Первый и второй законы Рауля.

9. Растворы электролитов. Особенности растворов солей, кислот и оснований. Теория электролитической диссоциации. Степень диссоциации. Сила электролитов. Константы кислотности и основности. Сильные электролиты. Ионная атмосфера. Ионно-молекулярные уравнения. Произведение растворимости. Диссоциация воды. Водородный показатель. Гидролиз солей.

10. Окислительно-восстановительные реакции. Степень окисления элементов. Основные окислители и восстановители. Внутримолекулярное окисление-восстановление. Основы электрохимии. Химические источники электрической энергии. Электродные потенциалы. Электролиз. Законы электролиза Фарадея. Электрохимическая поляризация. Перенапряжение.

11. Дисперсные системы. Дисперсное состояние вещества. Состояние вещества на границе раздела фаз. Коллоиды и коллоидные растворы. Дисперсионный анализ. Оптические и молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Сорбция и сорбционные процессы. Молекулярная адсорбция. Ионообменная адсорбция. Хроматография. Электрокинетические явления. Устойчивость и коагуляция дисперсных систем. Структурообразование в дисперсных системах.

12. Основы химии элементов. Происхождение химических элементов и их распространенность на Земле. Простые вещества. Металлы и неметаллы. Способы получения металлов и неметаллов. Физические и химические свойства металлов и неметаллов. Бинарные соединения и их классификация. Сплавы.

13. Комплексные соединения. Состав комплексных соединений. Вид химической связи в комплексных соединениях. Комплексообразователи и лиганды. Классы и номенклатура комплексных соединений. Пространственное строение и изомерия комплексных соединений. Устойчивость комплексных соединений в растворах.

14. Общая характеристика s-элементов IA и IIA подгрупп таблицы Д.И. Менделеева. Щелочные (литий, натрий, калий) и щелочноземельные металлы (бериллий, магний, кальций, стронций, барий). Нахождение в природе, способы получения. Физические и химические свойства. Водород. Способы получения. Физические и химические свойства. Водород в природе. Пероксид водорода.

15. Общая характеристика p-элементов IIIA подгруппы таблицы Д.И. Менделеева. Бор. Алюминий. Галлий. Индий. Таллий. Нахождение в природе, способы получения. Физические и химические свойства.

16. Общая характеристика p-элементов IVA подгруппы таблицы Д.И. Менделеева. Углерод. Кремний. Германий. Олово. Свинец. Нахождение в природе, способы получения. Физические и химические свойства. Аллотропные модификации углерода. Химические свойства неорганических соединений углерода: диоксид углерода, угольная кислота, монооксид углерода, соединения углерода с серой и азотом. Химические свойства соединений кремния. Соединения кремния с водородом и галогенами. Диоксид кремния. Кремниевые кислоты и их соли.

17. Общая характеристика p-элементов VA подгруппы таблицы Д.И. Менделеева. Азот. Фосфор. Мышьяк. Сурьма. Висмут. Нахождение в природе, способы получения. Физические и химические свойства. Азот в природе. Получение и свойства азота. Аммиак. Соли аммония. Гидразин. Гидроксиламин. Азидоводород. Оксиды азота. Азотистая и азотная кислоты. Круговорот азота в природе. Фосфор в природе. Получение и свойства фосфора. Соединения фосфора с водородом и галогенами. Оксиды и кислоты фосфора.

18. Общая характеристика p-элементов VIA подгруппы таблицы Д.И. Менделеева. Халькогены: кислород, сера, селен, теллур. Нахождение в природе, способы получения. Физические и химические свойства. Кислород в природе. Воздух. Получение и свойства

кислорода. Озон. Сера в природе. Получение серы. Свойства и применение серы. Сероводород. Сульфиды. Диоксид серы. Сернистая кислота. Триоксид серы. Серная кислота. Получение и применение серной кислоты.

19. Общая характеристика р-элементов VIIA подгруппы таблицы Д.И. Менделеева. Галогены: фтор, хлор, бром, йод. Галогены в природе. Физические свойства галогенов. Химические свойства галогенов. Получение и применение галогенов. Соединения галогенов с водородом. Кислородсодержащие соединения галогенов.

20. Общая характеристика d-элементов. IB (медь, серебро, золото), IIB (цинк, кадмий, ртуть), IIIB (подгруппа скандия, лантаноиды и актиноиды), IVB (титан, цирконий, гафний), VB (ванадий, ниобий, тантал), VIB (хром, молибден, вольфрам), VIIB (марганец, рений) и VIIIB подгруппы (семейство железа, платиновые металлы). Способы получения. Физические и химические свойства.

Раздел 2. Органическая химия

1. Классификационные признаки органических соединений: строение углеродного скелета и природа функциональной группы. Функциональные группы, органические радикалы.

2. Теория строения органических соединений А.М. Бутлерова. Изомерия как специфическое явление органической химии.

3. Сопряжение как один из важнейших факторов повышения устойчивости молекул и ионов органических соединений. π, π - и π, σ -сопряжения.

4. Ароматичность; критерии ароматичности. Ароматичность бензоидных и гетероциклических соединений.

5. Поляризация связей и электронные эффекты (индуктивный и мезомерный). Электронодонорные и электроноакцепторные заместители.

6. Кислотность и основность органических соединений. Теории Брэнстеда и Льюиса.

7. Особенности во взаимном влиянии функциональных групп в зависимости от их относительного расположения.

8. Электрофильное присоединение к ненасыщенным соединениям. Присоединение к алкенам и циклоалкенам.

9. Реакции электрофильного присоединения: гетеролитические реакции с участием π -связи. Механизм реакций гидрогалогенирования и гидратации. Влияние статического и динамического факторов на региоселективность реакций, правило Марковникова.

10. Реакции окисления спиртов, тиолов, сульфидов, карбонильных соединений, аминов в монофункциональных органических соединениях.

11. Реакции восстановления карбонильных соединений, дисульфидов, иминов в монофункциональных органических соединениях.

12. Окисление π -связи и ароматических фрагментов (эпоксилирование, гидроксिलирование) в монофункциональных органических соединениях.

13. Строение, номенклатура, изомерия альдегидов и кетонов. Физические и химические свойства.

14. Кислотные свойства органических соединений с водородосодержащими функциональными группами (спирты, тиолы, карбоновые кислоты).

15. Важнейшие понятия стереохимии - конформация и конфигурация. Конформации открытых цепей.

16. Хиральные и ахиральные молекулы. Стереизомеры: энантиомеры и диастереомеры.

17. Реакции ацилирования – образование ангидридов, сложных эфиров, сложных тиоэфиров, амидов

18. Липиды. Омыляемые липиды. Нейтральные липиды. Естественные жиры как

смесь триацилглицеринов. Природные высшие жирные кислоты

19. Углеводы. Моносахариды. Классификация. Стереизомерия моносахаридов. D- и L-Стереохимические ряды.

20. Дисахариды. Строение, циклооксотаутомерия. Восстановительные свойства. Гидролиз. Конформационное строение дисахаридов.

Раздел 3. Аналитическая химия

21. Аналитическая химия, ее задачи и методы. Основные типы реакций и процессов. Виды анализа. Этапы анализа. Основные характеристики методов анализа. Абсолютные и относительные методы. Выбор метода анализа. Способы повышения чувствительности и избирательности методов. Химическое равновесие в гомогенных и гетерогенных системах. Термодинамическая, концентрационная и условная константы равновесия. Качественный анализ. Классификации катионов и анионов. Классификация реагентов. Дробный и систематический анализ. Основные типы реакций и процессов в аналитической химии.

22. Кислотно-основное равновесие. Кислотно-основное титрование. Классификация титриметрических методов. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования. Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Бренстеда-Лоури. Равновесие в системе кислота - сопряженное основание - растворитель. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Буферные растворы и их свойства. Построение кривых кислотно-основного титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований

23. Комплексные соединения в аналитической химии. Органические реагенты. Комплексометрическое титрование. Основные признаки и классификация комплексных соединений. Ступенчатое комплексообразование. Количественные характеристики реакций образования комплексных соединений. Скорость реакций комплексообразования. Органические реагенты. Функционально-аналитические группы. Влияние структуры органических реагентов на их свойства. Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминополикарбонновых кислот в комплексометрии. Построение кривых комплексометрического титрования. Металлохромные индикаторы. Прямое, обратное, вытеснительное и косвенное титрование. Погрешность титрования.

24. Равновесие в окислительно-восстановительных системах. Окислительно-восстановительное титрование. Окислительно-восстановительные реакции. Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Константы равновесия, направление и механизмы окислительно-восстановительных реакций. Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования. Способы определения конечной точки титрования. Индикаторы. Погрешность титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования.

25. Метрологические основы аналитической химии. Аналитический сигнал. Способы выражения зависимости аналитический сигнал - содержание. Соотношение аналитический сигнал/шум. Способы определения концентрации веществ. Аналитические характеристики методов количественного анализа. Понятие о коэффициенте чувствительности, пределе определения и точности анализа Контрольный опыт. Правильность и воспроизводимость. Понятие о распределении погрешностей, согласно кривой Гаусса. Классификация погрешностей. Систематические погрешности. Проверка правильности анализа. Стандартные образцы. Случайные погрешности. Статистическая обработка результатов измерений. Закон нормального распределения. t распределение. Сравнение дисперсий и средних двух методов анализа.

26. Общая характеристика методов разделения и концентрирования. Значение методов разделения и концентрирования, области применения. Классификация методов по природе процессов, лежащих в их основе. Классификация методов по числу и природе фаз матрицы и концентрата. Особенности многоступенчатых процессов разделения и концентрирования. Виды концентрирования. Понятие об абсолютном и относительном концентрировании, индивидуальном и групповом концентрировании. Место разделения и концентрирования в аналитическом цикле. Взаимосвязь методов концентрирования и определения и объекта анализа. Сочетание концентрирования с методами определения. Комбинированные и гибридные методы. Количественные характеристики разделения и концентрирования. Коэффициент распределения, степень извлечения, коэффициент концентрирования и коэффициент разделения.

27. Общая характеристика спектроскопических методов. Спектр электромагнитного излучения (энергия, способы ее выражения; термины, символы и единицы энергии излучения; диапазоны излучения, типы энергетических переходов). Основные типы взаимодействия вещества с излучением: эмиссия (тепловая, люминесценция), поглощение, рассеяние. Классификации спектроскопических методов. Спектры атомов. Основные законы поглощения электромагнитного излучения (Бугера) и закон излучения (Ломакина-Шейбе). Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого соединения. Аппаратура. Способы монохроматизации лучистой энергии. Классификация спектральных приборов.

28. Методы атомной оптической спектроскопии. Атомно-эмиссионный метод. Источники атомизации и возбуждения. Основные характеристики источников атомизации. Физические и химические процессы в источниках атомизации и возбуждения. Метод эмиссионной спектрометрии пламени. Атомно-абсорбционный метод. Атомизаторы. Источники излучения.

29. Молекулярная спектроскопия. Абсорбционная спектроскопия в УФ- и видимых областях. Связь химической структуры соединения с абсорбционным спектром. Связь оптической плотности с концентрацией. Основной закон светопоглощения. Отклонения от закона, причины. Понятие об истинном и кажущемся молярном коэффициенте поглощения. Способы определения концентрации веществ. Анализ многокомпонентных систем. Инфракрасная спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния. Люминесцентная спектроскопия. Рефрактометрические методы анализа. Нефелометрия. Турбидиметрия. Поляриметрия.

30. Общая характеристика электрохимических методов. Классификация. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Равновесные и неравновесные электрохимические системы. Явления, возникающие при протекании тока. Поляризационные кривые и их использование в различных электрохимических методах. Потенциометрия. Прямая потенциометрия. Измерение потенциала. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы. Индикаторные электроды. Ионметрия. Классификация ион-селективных электродов.

31. Потенциометрическое титрование. Изменение электродного потенциала в процессе титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Использование реакций кислотно-основных, осаждения, комплексообразования, окисления-восстановления.

32. Кулонометрия. Теоретические основы. Закон Фарадея. Способы определения количества электричества. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование.

33. Кондуктометрия. Прямая кондуктометрия. Кондуктометрическое титрование.

34. Вольтамперометрия. Индикаторные электроды и классификация вольтамперометрических методов. Преимущества и недостатки ртутного электрода. Применение твердых электродов. Получение и характеристика вольтамперной кривой. Конденсаторный, миграционный, диффузионный токи. Предельный диффузионный ток.

35. Полярография. Уравнение Ильковича. Уравнение полярографической волны Ильковича - Гейровского. Потенциал полуволны. Факторы, влияющие на величину

потенциала полуволны. Современные виды вольтамперометрии.

36. Амперометрическое титрование. Сущность метода. Индикаторные электроды. Выбор потенциала индикаторного электрода. Амперометрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами. Виды кривых титрования.

37. Хроматографические методы разделения и анализа. Теоретические основы аналитической хроматографии. Основные характеристики хромато-графического процесса и параметры хроматограмм. Теория хроматографических процессов. Качественный и количественный анализ в хроматографии. Параметры удерживания. Коэффициенты распределения, емкости, удерживания. Основное уравнение хроматографирования. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Коэффициент разделения. Степень разделения (разрешение). Подходы к описанию хроматографического процесса и модели его описания. Теория равновесной хроматографии. Связь скорости перемещения вещества вдоль слоя неподвижной фазы с коэффициентом распределения и изотермой сорбции. Профиль хроматографического пика в зависимости от вида изотермы сорбции. Причины размывания хроматографической зоны. Принципиальная схема хроматографа.

38. Газовая хроматография. Общая характеристика метода. Теоретические основы метода. Аналитические возможности газо-адсорбционной (ГАХ) и газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ). Аппаратура для газовой хроматографии.

39. Жидкостная хроматография. Методы и аппаратные особенности жидкостной хроматографии. Сорбционная (жидкостно-твердофазная) хроматография. Ионообменная хроматография. Ионная хроматография. Сущность метода ионной хроматографии (ионообменной хроматографии в варианте ВЭЖХ). Планарные хроматографические методы.

Критерии оценивания уровня знаний

Вступительные испытания с использованием компьютерного тестирования.

Максимальный балл – 100. Минимальный балл, соответствующий положительной оценке (проходной балл) – 25.

Учет индивидуальных достижений, поступающих по направлению магистратуры 04.04.06 Химия

Перечень индивидуальных достижений, учитываемых при приеме на обучение по программам магистратуры, и порядок их учета установлен пунктом 38 «Правил приема на обучение по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры на 2023/2024 учебный год».

Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов/Под ред. А.И. Ермакова. – изд. 28-е, переработанное и дополненное – М.: Интеграл-Пресс, 2000. – 728 с.
2. Ахметов. Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. Для вузов/Н.С. Ахметов. – 5-е изд., испр. – М.: Высш. Шк.; 2003. – 743 с.
3. Физическая химия. В 2 кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика: Учеб. Для вузов/К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев т др.; Под ред. К.С. Краснова – 3-е изд., испр. – М.: Высш. Шк., 2001. – 512 с.
4. Физическая химия. В 2 кн. Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ: Учеб. Для вузов/К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев т др.; Под ред. К.С. Краснова – 3-е изд., испр. – М.: Высш. Шк., 2001. – 319 с.

5. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. 2-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2004. – 336 с.
6. Реутов О.А. и др. Органическая химия: В 4-х ч. /О.А. Реутов, А.И. Курц, К.П. Бутин. – 3-е изд. - М.: БИНОМ, 2011. _
7. Каминский В.А. Органическая химия. В 2 ч. Часть 2: учебник для академического бакалавриата/ В.А. Каминский. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018 – 314 с.
8. Кужаева А. А. Органическая химия: учебное пособие / А. А. Кужаева, И. В. Берлинский, Н.В. Джевага. – Саратов: Вузовское образование, 2018 – 152 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/77218.html>. (дата обращения 15.01.2023 г.)
9. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн.1.: титриметрический и гравиметрический методы анализа: : учеб. для студ. вузов, обучающихся по хими- ко-технол. спец. / В. П. Васильев. — 6-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2002. — 368 с.
10. Васильев, В. П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа : учеб. для студ. вузов, обучающихся по хими- ко-технол. спец. / В. П. Васильев. — 6-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2004. — 383 с.
11. Золотов Ю.А.-Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения.-М.: Высш.школа, 1999, 2004.-383 с.
12. Золотов Ю.А.-Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа.-М.: Высш. школа, 1999, 2004.-461 с.
13. Гармаш А. В., Н. М. Сорокина. Метрологические основы аналитической химии.-М.: МГУ, 2017.-51 с. Режим доступа <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/analyt/garmasch.pdf> (Дата обращения 16.01.2023)

Дополнительная литература

1. Глинка Н.Л.. Задачи и упражнения по общей химии: Учебное пособие для вузов/Под ред. В.А. Рабиновича и Х.М. Рубиной. При участии Т.Е. Алексеевой, Н.Б. Платуновой, В.А. Рабиновича и Х.М. Рубиной, Т.Е. Хрипуновой. – М.: Интеграл-Пресс, 2002. – 240 с.
2. Некрасов Б.В. Основы общей химии. В 2 томах. Том 1. 4-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 656 с. – (Учебники для вузов, специальная литература).
3. Некрасов Б.В. Основы общей химии. В 2 томах. Том 2. 4-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 688 с.
4. Физическая химия: учеб. для вузов/ А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко; под ред. А. Г. Стромберга. - 6-е изд., стер.. - М.: Высш. шк., 2006. - 527 с.
5. Лидин Р.А. и др. Химические свойства неорганических веществ: Учеб. Пособие для вузов. 3-е изд., испр./ Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева; Под ред. Р.А. Лидина. – М.: Химия, 2000. 480 с.
6. Эткинс, П. Эткинс, П. Физическая химия: в 3 ч./ П. Эткинс, Паула Дж. де. - М.: Мир. - (Лучший зарубежный учебник) Ч. 1: Равновесная термодинамика/ пер. с англ. И. А. Успенской, В. А. Иванова; под ред. В. В. Лунина, О. М. Полторака. - 2007. - 496 с.
7. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия: учеб. для вузов/ Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 4-е изд., испр.. - М.: Высш. шк., 2006. - 444 с.
8. Ким А.М. Органическая химия: учебное пособие / А.М. Ким. - Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2017–844 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65281.html> (дата обращения 15.01.2023 г.).
9. Боровлев И. В. Органическая химия: термины и основные реакции /И. В. Боровлев. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020–360 с. – ISBN 978-5-00101-752-3. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/12248.html>. (дата обращения 15.01.2023 г.)

10. Дерффель, К. Статистика в аналитической химии / Пер.с нем.Л.Н.Петровой под ред.и с предисл.Ю.П.Адлера. - Москва : Мир, 1994. - 267 с.
11. Харитонов, Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). Т.2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа: Учебник для вузов / Ю.Я. Харитонов. - М.: Высшая школа, 2010. - 559 с.
12. Харитонов, Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). Т.1. Общие теоретические основы. Качественный анализ: Учебник для вузов / Ю.Я. Харитонов. - М.: Высшая школа, 2010. - 615 с.
13. Отто М. Современные методы аналитической химии.-М.: Техносфера, 2008.- 544 с.
Васильев В.П., Кочергина Л.А., Орлова Т.Д. Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач. _ М.:Дрофа, 2003.-320 с.