

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Институт фундаментальной и прикладной химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев
«21» мая 2024 г.

Рабочая программа
«Качественный и количественный химический анализ»

Направление подготовки
04.03.01 Химия

Направленность (профиль)
«Медицинская и фармацевтическая химия»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании института
протокол № 9 от «18» апреля 2024 года

Программа одобрена
НМК факультета биологии и экологии
протокол № 6 от «29» апреля 2024 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

- развитие у студентов умений и навыков в исследовании качественного и количественного состава вещества;
- развитие способности применять свои знания в практической деятельности;
- развитие интереса к учебно-исследовательской работе.

Основные задачи курса:

- изучение теоретических аспектов основных типов химических реакций и процессов в аналитической химии;
- овладение основными методами обнаружения и идентификации химических соединений;
- приобретение умений и навыков практической работы с химическими веществами, химической посудой, аналитическими весами, другими приборами и оборудованием аналитической лаборатории.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 дисциплин учебного плана (Б1.О.08.01).

Качественный химический анализ веществ включает основные методы и приемы выделения и определения ионов. Закрепляет знания об основных типах реакций и процессов в химическом анализе: кислотно-основное взаимодействие, комплексообразование, окислительно-восстановительные реакции. Знакомит с процессами осаждения, соосаждения, растворения, методами выделения, разделения и концентрирования анализируемых веществ. Из количественных методов химического анализа в курсе студенты изучают гравиметрический и титриметрический методы анализа.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть знаниями, основанными на изучении общей и неорганической химии, математики, физики.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, необходимы для изучения последующих дисциплин «Физико-химические методы анализа», «Физическая химия», «Химическая технология», для выполнения курсовой и выпускной работы и в научно-исследовательской деятельности.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Универсальные компетенции		
<p>УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.</p>	<p>УК-8.3 Выявляет проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; предлагает мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.</p>	<p>Знать: – нормы и правила техники безопасности в химической лаборатории; – основные категории опасных веществ. Уметь: – реализовать нормы техники безопасности в лаборатории. Владеть навыками: – практической работы с вредными и опасными веществами.</p>
Общепрофессиональные компетенции		
<p>ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.</p>	<p>ОПК-1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.</p>	<p>Знать: – взаимосвязь различных видов концентраций и других величин, используемых в химическом анализе; – единицы измерения физических величин и их взаимосвязь; – методы качественного и количественного определения. Уметь: – систематизировать и анализировать расчетные и экспериментальные данные с использованием физических и химических законов. Владеть навыками: – ведения лабораторного журнала и представления отчетной документации; – статистической обработки экспериментальных данных.</p>

	<p>ОПК-1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.</p>	<p>Знать: – направления современной аналитической химии (в т.ч. междисциплинарные) и круг решаемых ими задач. Уметь: – строить прогноз на основании полученных экспериментальных данных; – моделировать ход титрования с помощью теоретических кривых; – осуществлять подбор индикатора на основе теоретических кривых титрования. Владеть навыками: – графической интерпретации результатов эксперимента.</p>
	<p>ОПК-1.3 Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.</p>	<p>Знать: – тенденции развития и проблематику современной аналитической химии, ее связь с другими естественнонаучными дисциплинами. Уметь: – работать со справочной литературой, выполнять поиск информации о физико-химических свойствах веществ; – формулировать заключения и выводы по результатам расчетной или экспериментальной работы; Владеть навыками: – оформления и представления результатов экспериментальной и расчетно-теоретической работы и их защиты.</p>
<p>ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.</p>	<p>ОПК-2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.</p>	<p>Знать: – правила техники безопасности при работе с химическими веществами в лаборатории и в полевых условиях. Уметь: – выполнять химический эксперимент с соблюдением правил техники безопасности. Владеть навыками: – практической работы с химическими веществами, посудой, расходными материалами, типовым аналитическим оборудованием с соблюдением норм техники безопасности.</p>

	<p>ОПК-2.3 Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.</p>	<p>Знать: – основные положения теории растворов; – химические реакции, лежащие в основе аналитического определения отдельных молекул, катионов и анионов; – методы отбора проб; – основные методики качественного и количественного химического анализа; – основные виды индикаторов, применяемых в титриметрическом анализе.</p> <p>Уметь: – решать задачи на приготовление и смешение растворов; – анализировать и подбирать методики качественного и количественного определения в зависимости от поставленной задачи; – подбирать оптимальные условия проведения эксперимента; – проводить качественный и количественный анализ вещества; – обоснованно осуществлять выбор индикаторов для количественного определения.</p> <p>Владеть навыками: – приготовления растворов, в том числе стандартных; – качественного исследования смесей ионов различной степени сложности; разделения отдельных ионов и групп ионов друг от друга; – выполнения количественного химического анализа различных ионов, отдельных веществ, а также их смесей.</p>
	<p>ОПК-2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.</p>	<p>Знать: – основные типы оборудования, применяемого в хим. лаборатории.</p> <p>Уметь: – подбирать химическое оборудование в соответствии с решаемой задачей; – пользоваться различными типами измерительных шкал.</p> <p>Владеть навыками: – практической работы с использованием серийного научного оборудования.</p>
<p>ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p>ОПК-3.2 Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности.</p>	<p>Знать: – современные компьютерные технологии.</p> <p>Уметь: – пользоваться современными средствами обработки химической информации.</p> <p>Владеть навыками: – практической работы с компьютером и вычислительными программами.</p>

<p>ОПК-4 Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач.</p>	<p>ОПК-4.2 Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик.</p>	<p>Знать: – базовые методы решения математических задач в численном виде; – основные метрологические принципы обработки результатов эксперимента. Уметь: – интерпретировать результаты эксперимента с использованием стандартных способов аппроксимации. Владеть навыками: – метрологической оценки проводимого определения в зависимости от выбранной методики и используемого оборудования; – статистической обработки полученных результатов.</p>
	<p>ОПК-4.3 Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений.</p>	<p>Знать: – основные физические законы и принципы, применяемые в химии; – основы фундаментальных теорий современной химии; Уметь: – интерпретировать результаты эксперимента с использованием статистических и физических законов; – логически обосновывать взаимосвязь физических величин, на основании которых проводятся расчёты. Владеть: – навыками оценки возможности протекания химической реакции; – базовыми принципами управления химическим процессом.</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад.ч.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1.	Введение. Методы аналитического определения.	3	2			0,5		2	Опрос
2.	Качественный химический анализ.	3	4		8	1		2	Задания для самостоятельной работы, отчет по лабораторным работам
3.	Количественный анализ. Термодинамика химических реакций в растворе.	3	8			1,5		8	Задания для самостоятельной работы, контрольная работа № 1
4.	Гравиметрические методы анализа.	3	4		12	1		2	Задания для самостоятельной работы, отчет по лабораторным работам
5.	Титриметрические методы анализа.	3	16		43	4,5		20	Задания для самостоятельной работы, отчет по лабораторным работам, расчетно-графическая работа, контрольная работа № 2
6.	Методы выделения и концентрирования определяемых веществ из объектов окружающей среды.	3	1			0,25		1	Опрос
7.	Химические тест-методы анализа.	3	1			0,25		1	Опрос
		3				2	0,5	33,5	Экзамен
	ИТОГО		36		63	11	0,5	69,5	

4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)					Место проведения занятий в форме практической подготовки	
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		самостоятельная работа
1.	Качественный химический анализ	3			8				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
2.	Гравиметрические методы анализа	3			12				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
3.	Титриметрические методы анализа	3			43				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
	ИТОГО				63				

1. Введение. Методы аналитического определения

1.1. Аналитическая химия, предмет и значение. Основные понятия аналитической химии.

1.2. Методы определения. Общая схема аналитического определения. Аналитические признаки веществ и аналитические реакции. Подготовка образца к анализу.

2. Качественный химический анализ

2.1. Основные типы реакций в аналитической химии. Способы выполнения аналитических реакций. Дробный и систематический анализ.

2.2. Аналитическая классификация катионов по группам: сульфидная, аммиачно-фосфатная, кислотнo-основная. Периодическая система элементов и аналитическая классификация ионов. Растворимость химических соединений в связи с положением элементов в периодической системе.

2.3. Аналитические реакции и анализ смеси катионов и анионов разных аналитических групп.

2.4. Характеристика чувствительности аналитических реакций.

Лабораторная работа № 1. Анализ смеси катионов 1 аналитической группы.

Лабораторная работа № 2. Анализ смеси анионов с 1 по 3 аналитическую группу.

3. Количественный анализ. Термодинамика химических реакций в растворе

3.1. Количественный химический анализ. Методы количественного анализа. Требования к реакциям в количественном анализе.

3.2. Термодинамическая и кинетическая характеристика химической реакции. Теория растворов. Электролитическая диссоциация. Сильные и слабые электролиты. Теория Дебая-Хюккеля. Ионная сила раствора. Активная концентрация.

3.3. Современные представления о кислотах и основаниях. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Автопротолиз. Константы кислотности и основности. Расчет рН в водных растворах кислот и оснований.

3.4. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисление рН растворов.

3.5. Гидролиз. Вычисление константы гидролиза, степени гидролиза и рН растворов гидролизующихся солей.

3.6. Химическое равновесие в системе «осадок – раствор». Произведение растворимости, растворимость. Условия выпадения осадка.

4. Гравиметрические методы анализа

4.1. Сущность гравиметрических методов анализа. Общие понятия.

4.2. Классификация методов гравиметрического определения. Прямые и косвенные гравиметрические методы. Метод отгонки. Метод осаждения.

4.3. Получение кристаллических и аморфных осадков. Образование, загрязнение, старение осадка. Применение метода, расчеты.

Лабораторная работа № 3. Определение кристаллизационной воды в хлориде бария.

Лабораторная работа № 4. Определение массовой доли иона бария в его солях в виде сульфата бария.

5. Титриметрические методы анализа

5.1. Сущность титриметрических методов анализа. Общие понятия. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрическом анализе. Реактивы, применяемые в титриметрическом анализе.

5.2. Приготовление стандартных растворов. Расчет массы навески стандартного вещества для приготовления титранта и определение концентрации титранта. Методы проведения титрования. Методы отдельных навесок и пипетирования.

5.3. Классификация методов титриметрического анализа, основанных на типе реакции. Виды титрования, применяемые в титриметрическом анализе. Расчет результатов.

5.4. Методы установления конечной точки титрования. Индикаторы, их виды и требования к ним. Выбор индикатора. Погрешности титрования.

5.5. Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации). Сущность метода. Кислотно-основные индикаторы. Кривые кислотно-основного титрования. Влияние различных факторов на скачок титрования. Ошибки кислотно-основного титрования. Практическое использование метода кислотно-основного титрования.

5.6. Реакции комплексообразования в аналитической химии. Равновесие, константы устойчивости. Вычисление α -коэффициента. Комплексометрическое титрование. Основные титранты, требования к реакциям. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы. Практическое применение комплексометрического титрования.

5.7. Окислительно-восстановительные реакции в количественном анализе. Важнейшие окислители и восстановители. Стандартные и реальные редокс-потенциалы, влияющие факторы. Кривые титрования, индикаторы. Методы окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия, иодометрия, хроматометрия, броматометрия). Практическое использование окислительно-восстановительного титрования.

5.8. Осадительное титрование, методы, построение кривых титрования. Адсорбционные индикаторы. Практическое применение осадительного титрования.

Лабораторная работа № 5. Стандартизация раствора соляной кислоты. Определение концентрации раствора щелочи по стандартному раствору кислоты.

Лабораторная работа № 6. Стандартизация раствора гидроксида натрия. Определение аммиака в растворе соли аммония.

Лабораторная работа № 7. Стандартизация раствора трилона Б. Определение кальция и магния при совместном присутствии.

Лабораторная работа № 8. Стандартизация раствора тиосульфата натрия. Определение активного хлора в отбеливающих препаратах.

Лабораторная работа № 9. Стандартизация раствора перманганата калия. Определение кадмия в солях.

Лабораторная работа № 10. Хроматометрическое определение железа в стали.

Лабораторная работа № 11. Стандартизация раствора нитрата серебра. Определение хлоридов методом Фаянса.

6. Методы выделения и концентрирования определяемых веществ из объектов окружающей среды.

7. Химические тест-методы анализа. Возможности современного полевого анализа. Портативные аналитические приборы и тест-системы. Ситуационные задачи, решаемые в полевых условиях.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Лабораторное занятие – выполнение лабораторной работы обеспечивает закрепление полученных теоретических знаний, обеспечивает освоение навыков самостоятельной работы. Формулировка выводов по полученным результатам учит умению анализировать и обобщать полученные в результате эксперимента данные, развивает логическое мышление.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Качественный и количественный химический анализ» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;

- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- операционные системы семейства Microsoft Windows;
- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

1. Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» <https://www.urait.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант Студента»
<https://www.studentlibrary.ru/>

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Васильев, В.П. Аналитическая химия: учебник. В 2 кн. / В.П. Васильев. - Кн. 1: Титриметрические и гравиметрические методы анализа. – 6-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2007. – 367 с.
http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=359128&cat_cd=YARSU
2. Леднев, С.Н. Аналитическая химия: учебное пособие. / С.Н. Леднев, С.Г. Сибриков. – Ярославль: ЯрГУ, 2018. – 91 с.
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20180301.pdf> (электронный ресурс)

б) дополнительная литература

1. Сибриков, С. Г. Основы аналитической химии: учеб. пособие для вузов / С. Г. Сибриков. – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 144 с. ISBN 5-8397-0458-X.
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20060305.pdf>
2. Волкова, И.В., Сибриков, С.Г. Химический анализ: метод. указания / И.В. Волкова, С. Г. Сибриков. – Ярославль: ЯрГУ, 2008. – 87 с.
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20080316.pdf> (электронный ресурс)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;

- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных работ используются: центрифуга лабораторная СМ-6, весы лабораторные технические, весы лабораторные аналитические, расходные и раздаточные материалы и др.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Доцент института
фундаментальной и прикладной химии, к.х.н.



С.Н. Леднев

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Качественный и количественный химический анализ»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Задания для самостоятельной работы
(подготовка к опросу и лабораторным работам)**

Задания по теме № 1 «Введение. Методы аналитического определения»

А) Как классифицируют методы анализа по определяемым свойствам? По диапазону определяемых содержаний? По природе определяемых частиц?

Б) Перечислите основные современные направления развития аналитической химии.

В) Какие типы химических реакций применяются в аналитической химии? Приведите по одному примеру для каждого типа реакций.

Г) Перечислите основные этапы химического анализа. Составьте план анализа образца минерала кальцита на предмет определения в нем массовой доли карбоната кальция.

Задания по теме № 2 «Качественный химический анализ»

1. Раздел 2.3. Решить задачи:

А) Предложите схему анализа раствора, содержащего следующие ионы: Ca^{2+} ; Ba^{2+} ; Cl^- . Напишите уравнения аналитических реакций и укажите условия их проведения.

Б) Объясните, почему нельзя открыть ион Cl^- действием AgNO_3 в присутствии NH_4OH .

В) Какой ион следует определять первым: ион Ca^{2+} или ион Ba^{2+} ? Ответ поясните.

Г) Предложите схему анализа раствора, содержащего следующие ионы: Pb^{2+} ; Hg_2^{2+} ; NO_3^- . Напишите уравнения аналитических реакций и укажите условия их проведения.

2. Раздел 2.4. Решить задачи:

А) Открываемый минимум для реакции открытия Pb^{2+} с помощью дитизона равен 0,04 мкг, предельное разбавление раствора равно 1250000 $\text{см}^3/\text{г}$. Вычислить минимальный объём раствора для открытия Pb^{2+} .

Б) Капельная реакция на ионы свинца с бензидином позволяет обнаружить 1,5 мкг Pb^{2+} в капле объёмом 0,05 см^3 . Вычислите предельное разбавление.

В) Предельное разбавление реакции открытия SiO_3^{2-} с помощью молибдата аммония 128000 $\text{см}^3/\text{г}$. Каков открываемый минимум, если минимальный объём равен 1 см^3 ?

Задания по теме № 3 «Количественный анализ. Термодинамика химических реакций в растворе»

1. Раздел 3.2. Решить задачи:

А) Вычислить активность ионов в 0,02 М растворе $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Б) К 100,00 см^3 0,05 М раствора HNO_3 добавили 100,00 см^3 0,1 М раствора K_2SO_4 . Вычислите активность ионов K^+ .

В) Во сколько раз изменится активность ионов H^+ в 0,005 М растворе HNO_3 при добавлении к нему K_2SO_4 до концентрации 0,1 М?

2. Раздел 3.3. Решить задачи:

А) Вычислить pH раствора 1,40 г едкого натра в 2 л воды.

Б) Вычислить рН раствора гидроксида натрия, массовая доля равна 0,08 %.

В) К 50 см³ 0,15 М раствора соляной кислоты добавили 25 см³ 0,2 М раствора гидроксида калия. Вычислить рН раствора.

3. Раздел 3.4. Решить задачи:

А) Вычислить рН буферного раствора, полученного при сливании 50 см³ 0,1%-ного С₆Н₅ОН и 150 см³ 0,3%-ного С₆Н₅СООНа.

Б) Вычислить рН буферного раствора, полученного при сливании 30 см³ 0,05 М Н₂СО₃ и 70 см³ 0,15 М Na₂СО₃.

В) Вычислить рН буферного раствора, полученного при сливании 40 см³ 0,05%-ного С₆Н₅СООН и 110 см³ 0,1%-ного С₆Н₅СООК.

4. Раздел 3.5. Решить задачи:

А) Вычислить константу гидролиза, степень гидролиза и рН в растворе Na₂СО₃ с концентрацией 1 %.

Б) Вычислить константу гидролиза, степень гидролиза и рН в растворе (СН₃СОО)₂Мg с концентрацией 0,05 М.

В) Вычислить константу гидролиза, степень гидролиза и рН в растворе СН₃СООNH₄ с концентрацией 0,15 М.

5. Раздел 3.6. Решить задачи:

А) Вычислить произведение растворимости AgI, если растворимость в воде составляет 2,87·10⁻³ г/л.

Б) Вычислить произведение растворимости ВаF₂, если насыщенный раствор содержит 2,58 г ВаF₂ в 200 см³ воды.

В) Вычислить растворимость в моль/дм³ и г/дм³, если произведение растворимости РbBr₂ составляет 3,9·10⁻⁵.

Задания по теме № 4 «Гравиметрические методы анализа»

Раздел 4.3. Решить задачи:

А) При определении железа в препарате сульфата железа (III) взвешивали ВаSO₄. Написать выражение для гравиметрического фактора.

Б) Навеску алюминиевого сплава массой 0,14252 г растворили в колбе вместимостью 200 мл. Из 20,00 мл этого раствора получили осадок оксихинолината алюминия Al(C₉H₆ON)₃, массой 0,2012 г. Вычислить массовую долю (%) алюминия в сплаве.

В) Вычислить число молекул воды в кристаллогидрате хлорида магния, если из навески его массой 0,5000 г получается 0,2738 г Mg₂P₂O₇.

Задания по теме № 5 «Титриметрические методы анализа»

1. Раздел 5.2. Решить задачи:

А) Вычислить массу навески для приготовления 250 мл стандартного раствора хлорида натрия.

Б) Вычислить молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и титр первичного стандартного раствора оксалата натрия, если для приготовления раствора навеску 0,5878 г растворили в мерной колбе на 250 мл.

В) Вычислить молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и титр первичного стандартного раствора бромата калия, если для приготовления раствора навеску 2,6124 г соли растворили в мерной колбе на 1000 мл.

2. Раздел 5.5. Решить задачи:

А) Навеску 0,1285 г Na₂СО₃ растворили в воде, добавив 25,00 мл 0,2034 М раствора HCl, избыток кислоты оттитровали 23,42 мл 0,1256 М раствора NaOH. Найти массовую долю примесей в соде.

Б) На титрование раствора NaOH, содержащего 4% Na₂СО₃, в присутствии метилового оранжевого (рТ=4,0) израсходовали 25,00 мл стандартного раствора HCl. Какой объем титранта пойдет на титрование этого же раствора NaOH в присутствии фенолфталеина (рТ=9,0)?

В) На титрование 55 мл жесткой воды пошло 3,4 мл 0,1234 н раствора соляной кислоты. Найти временную жесткость воды.

3. Раздел 5.6. Решить задачи:

А) Вычислите концентрацию ионов Hg^{2+} в 0,2 М растворе $\text{K}_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ в присутствии 0,5 М KSCN .

Б) На титрование 40,0 мл жесткой воды пошло 2,9 мл 0,1234 Н раствора трилона Б. Найти постоянную жесткость воды, если временная жесткость воды равна 5,6 ммоль/л.

В) На титрование 10,0 мл раствора MgCl_2 пошло 3,3 мл 0,1212 Н раствора трилона Б. Найти массу ионов Mg^{2+} в 1200 мл раствора.

4. Раздел 5.7. Решить задачи:

А) Сколько мл 1,0 Н раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ нужно прибавить к 1300 мл раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ с титром по железу 0,0045 г/мл, чтобы получить раствор с титром по железу 0,0050 г/мл?

Б) Плотность раствора хлората калия 1,02 г/мл. К 25,00 мл раствора прибавили 25,00 мл раствора сульфата железа (II) с молярной концентрацией 0,1200 моль/л. На титрование остатка FeSO_4 пошло 4,95 мл раствора KMnO_4 с молярной концентрацией эквивалента 0,0110 моль/л. Вычислите массовую долю KClO_3 в растворе.

5. Раздел 5.8. Решить задачи:

А) Пестицид массой 0,510 г разложили сплавлением с карбонатом натрия и выщелачиванием сплава горячей водой. Фторид, содержащийся в пробе осадил в виде PbClF добавлением HCl и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Осадок отфильтровали, промыли и растворили в азотной кислоте. Хлорид-ион осадил добавлением 50,00 мл 0,200 Н раствора нитрата натрия. Осадок AgCl покрыли слоем нитробензола, избыток AgNO_3 оттитровали, затратив 7,42 мл 0,176 Н раствора NH_4SCN . Рассчитайте массовую долю F и Na_2SeF_6 в пробе.

Б) Установлено, что на титрование 20,00 мл раствора азотнокислого серебра требуется 21,00 мл раствора роданида (тиоцианата) аммония. К навеске соли хлорида натрия массой 0,1173 г добавили 30,00 мл нитрата серебра, а на титрование избытка ионов Ag^+ затрачено 3,20 мл NH_4SCN . Рассчитайте концентрацию растворов AgNO_3 , NH_4SCN и титр нитрата серебра по хлору.

Правила выставления оценки по результатам опроса:

- *Отлично* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос с включением в содержание ответа рассказа (лекции) преподавателя, материалов учебников, дополнительной литературы без наводящих вопросов; полное выполнение задания.

- *Хорошо* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос в объеме рассказа (лекции) преподавателя с включением в содержание ответа материалов учебников с четкими положительными ответами на наводящие вопросы преподавателя; выполнение задания с незначительными ошибками.

- *Удовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено более половины требуемого материала, с положительным ответом на большую часть наводящих вопросов; или обучающийся приступил к выполнению задания, наметил алгоритм решения, но допустил серьезные ошибки на этапах решения.

- *Неудовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено менее половины требуемого материала или не озвучено главное в содержании вопроса с отрицательными ответами на наводящие вопросы, или обучающийся отказался от ответа без предварительного объяснения уважительных причин; или обучающийся не приступал к выполнению задания или не смог выработать алгоритм его решения.

Правила оценивания отчета по лабораторной работе:

- *Отлично* выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме лабораторной работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные

вопросы, демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.

- *Хорошо* выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Обучающийся демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания.

- *Удовлетворительно* выставляется, если обучающийся в целом освоил материал лабораторной работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы, обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.

- *Неудовлетворительно* выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала лабораторной работы, который полностью не раскрыл.

Задания для расчетно-графической работы

(проверка сформированности ОПК-1, индикаторы ОПК-1.2, ОПК-1.3,
проверка сформированности ОПК-3, индикатор ОПК-3.2,
проверка сформированности ОПК-4, индикатор ОПК-4.2)

Каждый студент получает индивидуальное задание. Требуется построить кривую титрования определяемого вещества раствором заданного титранта (точки 0%, 50%, 99,9%, 100%, 100,1%, 120%). Подобрать индикатор для титрования. Рассчитать скачок титрования ($\pm 0,1\%$).

Примеры вариантов:

№	Титрант		Определяемое вещество			
	Наименование	C, моль/л	Наименование	C, моль/л	V, мл	pH
1	NaOH	0,25	<i>транс</i> -коричная кислота	0,17	10	–
2	Трилон Б	0,1	Хлорид кальция	0,15	15	10,4
3	KOH	0,05	Азотная кислота	0,10	25	–
4	HNO ₃	0,2	Раствор аммиака	0,18	40	–
5	HClO ₄	0,2	Гидроксид лития	0,15	35	–

Правила оценивания расчетно-графической работы:

- *Отлично* выставляется, если обучающийся выполнил работу (общий процент выполнения заданий не менее 90%), демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме работы, даёт правильный алгоритм решения.

- *Хорошо* выставляется, если обучающийся выполнил работу с небольшими недочетами (общий процент выполнения заданий не менее 70%), демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме работы, допуская незначительные неточности при их применении и выборе алгоритма решения.

- *Удовлетворительно* выставляется, если обучающийся в целом выполнил работу (общий процент выполнения заданий не менее 50%), допуская существенные недочеты, в том числе при выборе алгоритма решения.

- *Неудовлетворительно* выставляется, если обучающийся не справился с выполнением задания (общий процент выполнения заданий менее 50%), не смог выбрать алгоритм его решения, продемонстрировав существенные пробелы в знаниях основного учебного материала.

Контрольная работа № 1

(проверка сформированности ОПК-1, индикатор ОПК-1.1,
проверка сформированности ОПК-2, индикатор ОПК-2.3)

1. Вычислить активность ионов хлора в растворе, 200 мл которого содержат 0,002 моль FeCl_3 , 0,004 моль NaCl и 0,002 моль HCl .

2. К 50 мл 1%-ого раствора муравьиной кислоты ($\rho \approx 1 \text{ г/см}^3$) добавлено 5 мл 10%-ого раствора соляной кислоты. Определить степень диссоциации HCOOH и концентрацию формиат-ионов.

3. По величине константы равновесия сделать вывод о возможности перевода осадка сульфата стронция в карбонат стронция действием насыщенного раствора карбоната натрия.

4. Вычислить константу гидролиза, степень гидролиза и pH раствора, содержащего в 50 мл $3 \cdot 10^{-4}$ моль NH_4NO_3 . $K(\text{B}) = 1,76 \cdot 10^{-5}$.

5. В мерную колбу на 500 мл внесли 1 мл 40% раствора NaOH , добавили 30 мл раствора уксусной кислоты (1 моль/л) и довели до метки дистиллированной водой. Рассчитать pH полученного буферного раствора. $\text{pK}_\text{A} = 4,76$.

Правила оценивания контрольной работы №1:

В контрольной работе № 1 задания оцениваются следующим образом:

- задание 1: 3 балла;
- задание 2: 4 балла;
- задание 3: 1 балл;
- задание 4: 2 балла;
- задание 5: 4 балла.

Итого максимальное количество за контрольную работу № 1 составляет 14 баллов.

– *Отлично* выставляется при набранной сумме баллов, соответствующей интервалу от 85 % до 100 % от максимально возможного количества баллов;

– *Хорошо* выставляется при набранной сумме баллов, соответствующей интервалу от 70 % до 85 % от максимально возможного количества баллов;

– *Удовлетворительно* выставляется при набранной сумме баллов, соответствующей интервалу от 50 % до 70 % от максимально возможного количества баллов;

– *Неудовлетворительно* выставляется при набранной сумме баллов, составляющей менее 50 % от максимально возможного количества баллов;

Контрольная работа № 2

(проверка сформированности ОПК-1, индикатор ОПК-1.1,
проверка сформированности ОПК-2, индикатор ОПК-2.3)

1. Вычислить окислительно-восстановительный потенциал системы, полученной при смешении 20 мл раствора $\text{Se}(\text{SO}_4)_2$ ($C(\text{Se}(\text{SO}_4)_2) = 1 \text{ моль/л}$) и 10 мл раствора щавелевой кислоты ($C(1/2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2 \text{ моль/л}$) в сернокислой среде.

$$E^0_{\text{Se}^{4+}/\text{Se}^{3+}} = 1,44 \text{ В}, \quad E^0_{2\text{CO}_2, 2\text{H}^+/\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = - 0,49 \text{ В.}$$

2. Определить скачок титрования ($\pm 0,1 \%$) 20 мл раствора $\text{Se}(\text{SO}_4)_2$ раствором щавелевой кислоты. Концентрации веществ взять из задачи № 1.

3. Рассчитайте титр и молярную концентрацию эквивалента раствора I_2 на 10 мл которого при титровании израсходовано 10,12 мл раствора $Na_2S_2O_3$. Титр раствора $Na_2S_2O_3$ установлен по $K_2Cr_2O_7$. При этом на титрование 0,1445 г $K_2Cr_2O_7$ в кислой среде израсходовано 29,3 мл раствора $Na_2S_2O_3$.

4. Приготовлен раствор трилона Б с молярной концентрацией ЭДТА 0,02 моль/л. Какую навеску сульфата $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ нужно взять для установки титра (растворение навески производить в колбе на 100 см³).

5. Открываемый минимум иона NH_4^+ реактивом Несслера равен 0,25 мкг, минимальный объём 5 см³. Вычислить предельное разбавление и показатель чувствительности данной реакции.

Правила оценивания контрольной работы №2:

В контрольной работе № 2 задания оцениваются следующим образом:

- задание 1: 2 балла;
- задание 2: 2 балла;
- задание 3: 3 балла;
- задание 4: 2 балла;
- задание 5: 1 балл.

Итого максимальное количество за контрольную работу № 2 составляет 10 баллов.

– *Отлично* выставляется при набранной сумме баллов, соответствующей интервалу от 85 % до 100 % от максимально возможного количества баллов;

– *Хорошо* выставляется при набранной сумме баллов, соответствующей интервалу от 70 % до 85 % от максимально возможного количества баллов;

– *Удовлетворительно* выставляется при набранной сумме баллов, соответствующей интервалу от 50 % до 70 % от максимально возможного количества баллов;

– *Неудовлетворительно* выставляется при набранной сумме баллов, составляющей менее 50 % от максимально возможного количества баллов.

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к экзамену

1. Аналитическая химия, предмет, проблемы и значение. Основные этапы развития.
2. Методы определения; классификация и характеристики методов.
3. Основные типы реакций в аналитической химии. Используемые процессы.
4. Аналитическая реакция. Общие, частные и специфические аналитические реакции. Способы и условия проведения аналитических реакций.
5. Чувствительность аналитической реакции и влияющие на нее факторы.
6. Общая схема аналитического определения.
7. Качественный химический анализ. Виды анализа. Требования к реакциям в качественном анализе. Аналитические признаки присутствия искомого вещества.
8. Количественный анализ. Общая характеристика реакций в растворе. Основные принципы и законы, используемые при проведении расчетов.
9. Электролитическая диссоциация. Степень диссоциации. Сильные и слабые электролиты. Теория Дебая-Хюккеля. Константа диссоциации.
10. Способы выражения концентрации растворов. Переход от одного вида концентрации к другому. Активная концентрация, коэффициент активности.

11. Химическое равновесие. Факторы, влияющие на химическое равновесие (температура, концентрации реагирующих веществ, природа растворителя, ионная сила раствора). Термодинамическая и концентрационная константы равновесия, связь между ними.
12. Кислотно-основное равновесие. Современные представления о кислотах и основаниях. Теории Бренстеда-Лоури и Льюиса.
13. Растворитель с позиции протолитической теории. Эффекты растворителей.
14. Протолиз. Автопротолиз. Константы кислотности и основности. Ионное произведение воды, водородный показатель.
15. Расчет рН в водных растворах кислот и оснований (сильной кислоты и сильного основания; многоосновной кислоты, основания).
16. Буферные растворы и их свойства. Применение в химическом анализе. Наиболее важные буферные системы. Буферная емкость. Вычисление рН буферных растворов.
17. Гидролиз, типы гидролиза. Количественные характеристики. Расчет рН.
18. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость (температура, солевой эффект, одноименный ион, тип растворителя).
19. Химическое равновесие в гетерогенной системе. Произведение растворимости. Расчет произведения растворимости по данным о растворимости.
20. Условия выпадения и растворения осадка. Расчет количества осадителя для полного осаждения данного иона. Дробное осаждение и растворение.
21. Гравиметрический анализ. Сущность гравиметрического анализа. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Применение ГМА.
22. Образование осадка. Кристаллические и аморфные осадки. Старение осадка. Требования к осадителям.
23. Загрязнение осадка. Виды соосаждения. Способы уменьшения соосаждения.
24. Ход проведения гравиметрического анализа.
25. Прямые и косвенные гравиметрические методы определения. Проведение расчетов. Фактор пересчета.
26. Титриметрический анализ. Сущность титриметрических методов анализа, классификация. Основные приемы титрования. Инструменты.
27. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Приготовление стандартных растворов. Поправочный коэффициент. Проведение расчетов.
28. Индикаторы в титриметрии, требования, классификация. Теории индикаторов. Характеристики индикатора.
29. Виды кривых титрования, скачок титрования, точка эквивалентности. Способы фиксирования точки эквивалентности. Выбор индикатора.
30. Кислотно-основное титрование, практическое применение. Построение кривых титрования. Кривые титрования многоосновных кислот и оснований, а также смеси кислот и оснований. Факторы, влияющие на величину скачков титрования.
31. Кислотно-основные индикаторы. Выбор индикатора, показатель индикатора.
32. Комплексообразование. Основные положения координационной теории. Координационное число, дентантность. Диссоциация комплексных соединений. Константы нестойкости и устойчивости.
33. Применение комплексных соединений в химическом анализе. Хелаты, комплексоны. Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение.
34. Комплексонометрическое титрование. Основные комплексоны, применяемые в химическом анализе.
35. Образование комплексов катионов металлов с ЭДТА, эквиваленты. Построение кривых титрования.
36. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы.
37. Практическое применение комплексонометрического титрования. Прямое, обратное и заместительное титрование.

38. Окислительно-восстановительные реакции. Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы. Уравнение Нернста. Формальный электродный потенциал. Применение ОВР в химическом анализе.

39. Константы равновесия и направление окислительно-восстановительного процесса. Расчетная оценка возможности самопроизвольного протекания ОВР в заданном направлении.

40. Окислительно-восстановительное титрование. Основные окислители и восстановители, применяемые в анализе. Редокс-индикаторы. Построение кривых редокс-титрования. Способы определения конечной точки в окислительно-восстановительном титровании.

41. Методы окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия, иодометрия, хроматометрия). Практическое применение.

42. Химические тест-методы анализа. Основные сферы применения.

Правила выставления оценки на экзамене

В начале экзамена студенту предлагается выбрать билет. Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса и одну расчетную задачу. На подготовку к ответу дается не менее 1 часа. По итогам экзамена выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

- *Отлично* выставляется за правильно решенную задачу и полный ответ по двум теоретическим вопросам без наводящих вопросов преподавателя.

- *Хорошо* выставляется за правильно решенную задачу и полный ответ по одному теоретическому вопросу (либо ответ по двум теоретическим вопросам, в котором озвучено более половины требуемого материала, с четкими положительными ответами на наводящие вопросы преподавателя).

- *Удовлетворительно* выставляется за правильно решенную задачу и ответ, в котором озвучено менее половины требуемого материала.

- *Неудовлетворительно* выставляется в случае, если не решена расчетная задача. Оценка «Неудовлетворительно» выставляется также студенту, который взял экзаменационный билет, но отвечать отказался.

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Качественный и количественный химический анализ»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Качественный и количественный химический анализ» являются лекции. Это связано с наличием обширного теоретического материала, на котором базируется выполнение лабораторных работ и решение расчетных задач. По всем практическим темам предусмотрены лабораторные занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем практического применения его при изучении качественного и количественного состава вещества.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и лабораторных работах, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь освоить математический аппарат, применяемый аналитической химии. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи (Леднев, С.Н. Аналитическая химия: учебное пособие. / С.Н. Леднев, С. Г. Сибриков. – Ярославль: ЯрГУ, 2018).

Кроме того, важна предварительная подготовка студентов к лабораторным занятиям. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, лабораторных занятиях или из учебной литературы. В качестве самостоятельной работы студенты оформляют основную часть лабораторной работы (Леднев, С. Н. Аналитическая химия: учебное пособие. / С.Н. Леднев, С.Г. Сибриков. – Ярославль: ЯрГУ, 2018).

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольных заданий по самостоятельному анализу раствора неизвестных веществ (в лаборатории), домашнего расчетного задания, а также 2 контрольных работ по основным разделам дисциплины. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают экзамен. Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса и одну задачу, аналогичную рассматривавшимся на занятиях и встречавшимся в контрольных работах. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, в это время предусмотрена и групповая консультация.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Качественный и количественный химический анализ» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом лабораторного курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы студентов рекомендуется использовать литературу, указанную в разделе 8 данной программы. Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать ряд интернет-ресурсов:

1. http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ: более 3000 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете.

2. <http://window.edu.ru/catalog> Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам": свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.