

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

Институт фундаментальной и прикладной химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А.Маракаев

« 24 » мая 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Основы постановки научного эксперимента»**

Направление подготовки  
04.03.01 Химия

Направленность (профиль)  
«Медицинская и фармацевтическая химия»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании института  
от 14 апреля 2022 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК  
факультета биологии и экологии  
протокол № 8 от 18 апреля 2022 г.

Ярославль

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение студентами современных методов постановки и обработки результатов научного эксперимента, развитие исследовательских навыков и умений.

Чтение курса предусмотрено для формирования у студентов следующих навыков и умений:

- планирования эксперимента по заданной теме, выбора химической посуды и оборудования для его проведения;
- использования готового и составления своего алгоритма сборки прибора;
- контроля и оценки хода синтеза, выделения конечного продукта реакции, утилизации отходов синтеза с соблюдением правил техники безопасности.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы постановки научного эксперимента» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 (Б1.В.09).

Курс тесно связан и опирается на такие дисциплины, как «Неорганическая химия», а также «Физика» и «Математика».

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины используются обучающимися при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин, необходимы для выполнения выпускной работы, в научно-производственной и проектной деятельности, а также для продолжения обучения в магистратуре по направлению «Физико-органическая и фармацевтическая химия».

## 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, ООП 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
<b>Универсальные компетенции</b>		
<b>УК-8</b> 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.	<b>УК-8.2</b> Идентифицирует опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности.	<b>Знать:</b> – основные классы опасных химических веществ; – правила безопасности в научных лабораториях. <b>Уметь:</b> – осуществлять контроль и учет вредных и опасных химических веществ; – проводить планирование экспериментов с обеспечением безопасности для всего персонала. <b>Владеть навыками:</b> – определения класса опасности веществ; – установление безопасности проведения экспериментов с химическими веществами с помощью расчета их концентраций и уравнений диффузии и конвекции.

	<p><b>УК-8.3</b> Выявляет проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; предлагает мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.</p>	<p><b>Знать:</b> – правила поведения в чрезвычайных ситуациях; – нормативную документацию по технике безопасности в научных лабораториях. <b>Уметь:</b> – проводить осмотр рабочего места и выявлять нарушения в работе приборов; – составлять отчеты о неисправности эксплуатируемого оборудования. <b>Владеть навыками:</b> – тушения возгорания химических реактивов и обесточенного электрооборудования; – нейтрализации разливов химических реактивов.</p>
<b>Профессиональные компетенции</b>		
<p><b>ПК-1</b> Способен проводить НИР и НИОКР, выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР.</p>	<p><b>Знать:</b> – методологию проведения научных экспериментов; – подбирать условия химических реакций исходя из анализа аналогичных превращений, описанных в литературе. <b>Уметь:</b> – составлять цепочки химических превращений для многостадийных химических экспериментов; – оценивать целесообразность предлагаемого плана эксперимента исходя из экономического анализа расходов и трат на утилизацию отходов. <b>Владеть навыками:</b> – расчета общего выхода многостадийного химического синтеза; – расчета весовых и объемных количеств требуемых для химического синтеза веществ и образующего в его результате отходов.</p>
	<p><b>ПК-1.3</b> Выбирает технические средства реализации и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные типы химических превращений в органической и неорганической химии; – методы контроля за протеканием химических реакций и анализа образующихся продуктов. <b>Уметь:</b> – подбирать подходящие методики анализа для изучаемых химических реакций; – проводить анализ данных, получаемых с цифрового измерительного оборудования.</p>
	<p><b>ПК-1.4</b> Готовит объекты исследования.</p>	<p><b>Знать:</b> – современные подходы к пробоподготовке. <b>Уметь:</b> – планировать постановку химического, физического и биохимического эксперимента; – разрабатывать методические схемы анализа. <b>Владеть навыками:</b> – отбора химических и биохимических проб; – формирования из анализируемого материала репрезентативной выборки; – безопасной работы с опасными химическими и биохимическими объектами.</p>

<p><b>ПК-2</b> Способен осуществлять разработку методов получения и контроля соединений с целевыми характеристиками под руководством специалиста более высокой квалификации.</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Способен проектировать направленный синтез органических соединений с заданным набором свойств в рамках поставленной задачи.</p>	<p><b>Знать:</b> – основы структурного анализа химических соединений и их смесей. <b>Уметь:</b> – осуществлять планирование синтеза органических и металлоорганических соединений исходя их имеющихся реактивов и оборудования. <b>Владеть навыками:</b> – расчета атомной эффективности химических реакций; – расчета суммарного выхода реакций, приводящих к образованию смеси веществ; – поиска свойств химических веществ в специализированных базах данных.</p>
	<p><b>ПК-2.2</b> Способен осуществлять направленный синтез органических соединений по заданию специалиста более высокой квалификации.</p>	<p><b>Знать:</b> – закономерности и механизмы основных органических превращений; – основные типы используемых химических реакторов; – методы контроля за протеканием химических реакций. <b>Уметь:</b> – собирать различные типы установок для осуществления химического синтеза; – проводить замену элементов используемых установок для увеличения эффективности химических превращений. <b>Владеть навыками:</b> – обращения с химическими веществами всех классов опасности; – осуществления основных операций с химическими веществами (взвешивание, фильтрование, экстракция, перекристаллизация и другие).</p>
	<p><b>ПК-2.3</b> Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления структуры органических соединений.</p>	<p><b>Знать:</b> – законы, лежащие в основе качественного и количественного химического анализа; – правила работы на современном аналитическом оборудовании. <b>Уметь:</b> – производить включение и первичную настройку используемого аналитического оборудования; – проводить калибровку инструментов для физико-химических методов анализа. <b>Владеть навыками:</b> – минимизации шума от детектора приборов физико-химических методов анализа; – расчета разрешающей способности используемого оборудования; – анализа и обработки для цифровых аналитических сигналов.</p>

	<p><b>ПК-2.4</b> Способен изучать реакцию способность органических соединений с применением типовых экспериментальных и расчётных методов.</p>	<p><b>Знать:</b> – методы изучения скорости и механизмов химических превращений; – принципы работы используемого химического оборудования.</p> <p><b>Уметь:</b> – составлять системы кинетических уравнений изучаемых цепных и циклических химических процессов; – проводить расчет констант скорости по уравнениям реакций нулевого, первого, второго порядков.</p>
<p><b>ПК-3</b> Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские, опытно-конструкторские работы и испытания.</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных).</p>	<p><b>Знать:</b> – основные международные базы данных и патентные базы; – основные приемы поиска в больших базах данных; – основные научные издательства, выпускающие журналы и книги химической направленности.</p> <p><b>Уметь:</b> – осуществлять поиск информации по ключевым параметрам в базах данных.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – составления поискового запроса по различным маскам в базах данных; – систематизации полученных результатов поиска.</p>
	<p><b>ПК-3.2</b> Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.</p>	<p><b>Знать:</b> – правила оформления библиографических ссылок; – основные элементы научного отчета.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – осуществлять форматирование текста научного отчета в соответствии с нормативно-документальной базой; – анализа научных статей и монографий с целью систематизации и классификации необходимой информации.</p>
<p><b>ПК-5</b> Способен организовывать материально-техническое сопровождение НИР и НИОКР.</p>	<p><b>ПК-5.1</b> Осуществляет работы по планированию ресурсного обеспечения проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.</p>	<p><b>Знать:</b> – требования к квалификации оборудования. – требования к сырью, промежуточной и конечной продукции.</p> <p><b>Уметь:</b> – планировать ресурсное обеспечение для проведения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – оценки необходимого количества ресурсов для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.</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					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение.	4	2		12	1		7	Задания для самостоятельной работы. Отчет о лабораторной работе
2	Работа с твердыми и жидкими веществами.	4	2			1		7	Задания для самостоятельной работы. Контрольная работа № 1
3	Техника работы со смесями твердых и жидких веществ, их растворов. Эксперименты с газами.	4	2			1		7	Задания для самостоятельной работы
4	Методы контроля протекания химического процесса.	4	2			1		7	Задания для самостоятельной работы
5	Физико-химические методы анализа продуктов реакции.	4	2			1		7	Задания для самостоятельной работы
6	Стратегия синтеза.	4	2		26	1		7	Задания для самостоятельной работы. Отчет о лабораторной работе
7	Общие принципы планирования эксперимента.	4	2		12	2		7	
8	Тактика синтеза.	4	2		26	2		7	Задания для самостоятельной работы. Отчет о лабораторной работе. Контрольная работа № 3
9	Ретросинтетический анализ сложных органических соединений.	4	4			2		7	Задания для самостоятельной работы. Итоговая контрольная работа. Тест
							0,3	8,7	Зачет
	<b>ИТОГО</b>		<b>20</b>		<b>76</b>	<b>12</b>	<b>0,3</b>	<b>71,7</b>	

#### 4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

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

№ 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	Введение.	4			12				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
2	Стратегия синтеза.	4			26				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
3	Общие принципы планирования эксперимента.	4			12				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
4	Тактика синтеза.				26				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
	<b>ИТОГО</b>				<b>76</b>				

#### Содержание разделов дисциплины:

##### 1. Введение

1.1. История развития органического синтеза.

1.2. Требования к помещению лаборатории. Техника безопасности при работе в химической лаборатории. Материалы и приспособления в технике лабораторного эксперимента. Химическая посуда и другие принадлежности. Мытье и сушка химической посуды. Весы и взвешивание. Определение объема и плотности.

##### 2. Работа с твердыми и жидкими веществами

2.1. Измельчение. Высушивание и прокаливание порошков. Просеивание сухих порошков. Смешивание порошков. Хранение.

2.2. Сублимация и десублимация. Определение температуры плавления.

2.3. Удаление влаги и растворенных газов из органических жидкостей.

2.4. Перегонка жидкостей.

2.5. Элементарная техника жидкостной экстракции.

2.6. Определение температур кипения жидкостей. Хранение жидкостей.

##### 3. Техника работы со смесями твердых и жидких веществ, их растворов.

##### Эксперименты с газами

3.1. Растворение. Определение растворимости веществ.

3.2. Перемешивание. Выпаривание и концентрирование растворов.

3.3. Фильтрация, диализ и центрифугирование.

3.4. Кристаллизация вещества из растворов и расплавов.

3.5. Приборы для получения газов. Очистка и осушка газов.

3.6. Измерение давления газа. Получение вакуума и избыточного давления. Ловушки для конденсации газов.

3.7. Работы при повышенном давлении. Запаянные ампулы. Автоклавы. Компрессоры.

#### **4. Методы контроля протекания химического процесса**

- 4.1. Тонкослойная хроматография.
- 4.2. Газо-жидкостная хроматография.
- 4.3. Высокоэффективная жидкостная хроматография.

#### **5. Физико-химические методы анализа продуктов реакции**

- 5.1. ЯМР-спектроскопия.
- 5.2. Масс-спектрометрия.
- 5.3. ИК-спектроскопия.
- 5.4. Элементный анализ.

#### **6. Стратегия синтеза**

- 6.1. Синтез. Цели органического синтеза.
- 6.2. Идеальный синтез. Требования к идеальному синтезу. Требования к промышленному синтезу.
- 6.3. Основные типы синтезов. Очевидные, стандартные и сложные синтезы. Рациональные и иррациональные синтезы.

#### **7. Общие принципы планирования эксперимента**

- 7.1. Ретросинтетический анализ. «Древо» синтетических путей. Трансформ. Синтон. Реагент. Целевая молекула. Молекулярная сложность.
- 7.2. Стратегии в ретросинтетическом анализе. Стратегии, базирующиеся на трансформах. Стратегии, базирующиеся на структуре. Билдинг-блок. Стратегии, основанные на топологии. Стратегии, основанные на стереохимии. Стратегии, базирующиеся на функциональных группах.
- 7.3. Общие критерии оценки плана синтеза. Линейный и конвергентный синтез.

#### **8. Тактика синтеза**

- 8.1. Органическая реакция и синтетический метод.
- 8.2. Методы повышения селективности реакций. Защитные группы в органическом синтезе. Активирующие группы. Мостиковые группы.
- 8.3. Синтез хиральных соединений.
- 8.4. Выбор оптимальных путей синтеза.

#### **9. Ретросинтетический анализ сложных органических соединений**

- 9.1. Химический эксперимент. Компоненты химического эксперимента. Постановка проблемы. Планирование и проведение химического эксперимента сложных органических соединений: анализ и синтез.
- 9.2. Поиск и анализ литературных данных. Патентный поиск.
- 9.3. Шаблон для проектирования синтеза. Обобщение и анализ экспериментальных данных.

#### **Лабораторные работы**

**Лабораторная работа № 1.** Знакомство с химической посудой, лабораторным оборудованием. Техника безопасности в химической лаборатории.

**Лабораторная работа № 2.** Планирование синтеза и синтез ароматических диаминов, заменителей бензидина для получения азокрасителей. Постановка проблемы. Планирование и проведение эксперимента.

**Лабораторная работа № 3.** Синтез (4-хлорфенил)(4'-нитрофенил)сульфида. Синтез соединения (реакция ароматического нуклеофильного замещения), определение выхода, очистка соединения, определение температуры плавления, доказательство строения с помощью ИК- и <sup>1</sup>H-ЯМР-спектроскопии.

**Лабораторная работа № 4.** Синтез 1-хлор-4-[(4-нитрофенил)сульфонил]бензола. Синтез соединения, определение выхода (реакция окисления), очистка соединения, определение температуры плавления, доказательство строения с помощью ИК- и <sup>1</sup>H-ЯМР-спектроскопии.



**Лабораторная работа № 5. Синтез 2-нитро-1-хлор-4-[(4-нитрофенил)сульфонил]бензола.** Синтез соединения (реакция нитрования), определение выхода, очистка соединения, определение температуры плавления, доказательство строения с помощью ИК- и <sup>1</sup>H-ЯМР-спектроскопии.

**Лабораторная работа № 6. Синтез 5-[(4-аминофенил)сульфонил]-2-хлоранилина.** Синтез соединения (реакция восстановления), определение выхода, очистка соединения, определение температуры плавления, доказательство строения с помощью ИК- и <sup>1</sup>H-ЯМР-спектроскопии.

## **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 лабораторной работы. Формулировка выводов по полученным результатам учит умению анализировать и обобщать полученные экспериментальные 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.

**Контрольная работа** – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу. Контрольная работа, как правило, состоит из небольшого количества средних по трудности вопросов, задач или заданий, требующих поиска обоснованного ответа. Контрольная работа может занимать часть или полное учебное занятие с разбором правильных решений на следующем занятии.

Электронный учебный курс «Основы постановки научного эксперимента» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- 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**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- операционные системы семейства Microsoft Windows;
- офисный пакет приложений Libre Office;
- программа Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- система ЭОС Moodle.

#### **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](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. Основы постановки химического эксперимента. Часть 1: практикум / сост. Р.С. Бегунов, А.Н. Валяева; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2013. – 76 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130317.pdf>
2. Основы постановки химического эксперимента. Часть 2: практикум / сост. Р.С. Бегунов, А.Н. Валяева; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2014. – 64 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20140305.pdf>

##### **б) дополнительная литература**

1. Лабораторный практикум по общей химической технологии: учеб. пособие для вузов. / под общ. ред. В. С. Бескова; – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 279 с. [http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=946562&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=946562&cat_cd=YARSU)
2. Ганжа В. В. Органическая химия: метод. указания к проведению лабораторных работ. / В. В. Ганжа, А. Д. Котов, В. Ю. Орлов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та – Ярославль: Б.и., 2009. – 71 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20090307.pdf>

#### **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.

Для проведения лабораторных занятий имеется необходимая специализированная мебель: Лаб. ЛОХ, стол-мойка с сушкой; лабораторное оборудование: встряхиватель - перемешивающее устройство с подогревом, испаритель роторный; насос вакуумный; перемешивающие устройства; печь лабораторная низкотемпературная; прибор для определения точки плавления; рефрактометры; сушилка; термостат; шкафы вытяжные; а также наборы химической посуды и реактивов и др.

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

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.



А.А. Соколов

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины  
«Основы постановки научного эксперимента»**

**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**

*(данные задания выполняются студентом самостоятельно  
и преподавателем в обязательном порядке не проверяются)*

**Задания по теме № 1 «Введение»:**

Раздел 1.1. Опишите современное состояние органического синтеза

Раздел 1.2. Что следует предпринять, если в лаборатории возник очаг возгорания. Какими нагревательными приборами разрешается пользоваться при перегонке легковоспламеняющихся жидкостей. Первая помощь при термических и химических ожогах. Очистка посуды для особо точных работ.

**Задания по теме № 2 «Работа с твердыми и жидкими веществами»**

Раздел 2.1. Опишите основные процессы работы с твердыми веществами в химической лаборатории.

Раздел 2.2. Какие соединения можно очистить, используя процесс сублимации?

Раздел 2.3. - 2.6. Подготовка органических растворителей. Регенерация растворителей.

**Задания по теме № 3 «Техника работы со смесями твердых и жидких веществ, их растворов. Эксперименты с газами».**

Раздел 3.1. Как определить растворимость неизвестного соединения?

Раздел 3.2. Аппаратное оформление процессов перемешивания, выпаривания и концентрирования.

Раздел 3.3. Расскажите о порядке и мерах безопасности при фильтровании при помощи воронки Бюхнера и колбы Бунзена.

Раздел 3.4. На чем основан принцип кристаллизации веществ? Перечислите условия подбора растворителя при кристаллизации. Как при кристаллизации получить наиболее крупные кристаллы?

Разделы 3.5-3.7. Опишите основные приборы для работы с газом. Меры предосторожности при работе с газами при повышенном давлении.

**Задание по теме № 4 «Методы контроля протекания химического процесса».**

Раздел 4.1-4.3. Каким образом выбирается метод контроля за протеканием конкретной реакции? Приведите примеры.

**Задание по теме № 5 «Физико-химические методы анализа продуктов реакции».**

Разделы 5.1-5.4. Опишите процесс идентификации новых органических соединений.

**Задания по теме № 6 «Стратегия синтеза».**

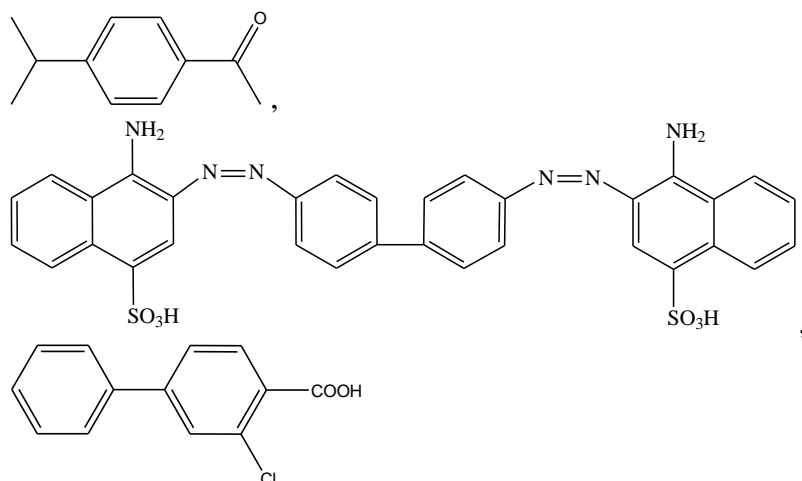
Раздел 6.1. Перечислите основные цели органического синтеза. Приведите примеры.

Раздел 6.2. Опишите промышленный синтез (любой на выбор), оцените его эффективность, предложите возможные пути совершенствования.

Раздел 6.3. Перечислите основные типы синтезов по методу их планирования. Приведите примеры.

**Задания по теме № 7 «Общие принципы планирования эксперимента».**

Разделы 7.1-7.3. Осуществите ретросинтез следующих соединений:



Укажите синтоны, ретроны, реагенты, трансформы.

### Задания по теме № 8 «Тактика синтеза».

Раздел 8.1 - 8.4. Перечислите методы повышения селективности реакций. Приведите конкретные примеры в синтезе биологически активных соединений.

### Задания по теме № 9 «Ретросинтетический анализ сложных органических соединений»

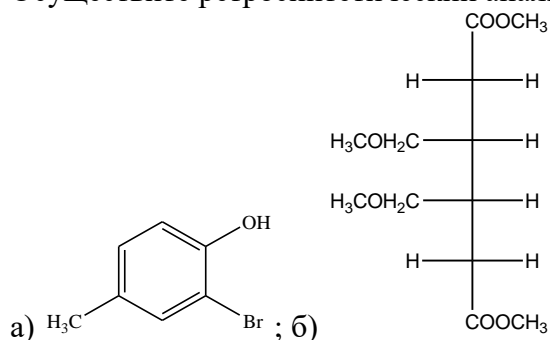
Раздел 9.1-9.3. Осуществите синтез *n*-нитроацетофенона из а) стирола; б) этилбензола и в) ацетофенона. Составьте шаблон для проектирования синтеза. Осуществите поиск научной литературы синтеза *n*-нитроацетофенона.

### Контрольная работа № 1

1. Что называют температурой кипения вещества, как она может быть понижена при проведении перегонки?
2. Почему перед перегонкой жидкого органического вещества его необходимо освободить от влаги? Как это можно сделать?
3. Каково назначение дефлегматора в приборе для фракционной перегонки?
4. Какие вещества можно перегонять с водяным паром?

### Контрольная работа № 2

Осуществите ретросинтетический анализ соединения:



укажите трансформы, синтоны.

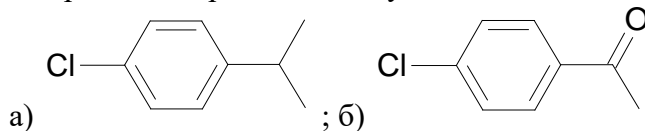
### Контрольная работа № 3

Перечислите основные защитные группы, методы их введения и удаления для защиты аминогруппы, фенолов, карбоксильных групп, альдегидов и кетонов, С-Н-связей. Приведите примеры.

### Итоговая контрольная работа

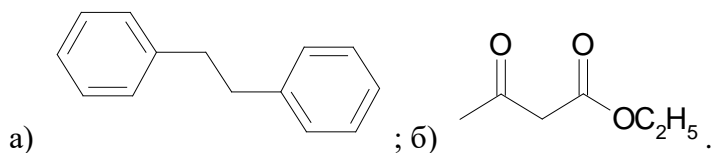
Вариант 1

1. Лабораторная посуда общего и специального назначения.
2. Химические реактивы. Марки химических реактивов, методы очистки, правила хранения реактивов.
3. Фильтрация. Общие понятия и способы фильтрования.
4. Нагревание и прокаливание. Виды. Методы.
5. Цели и задачи органического синтеза.
6. Произвести расчленение указанных соединений:



Какой общий нуклеофильный синтон возникает при этом? Какой ему соответствует синтетический эквивалент? Используя его, напишите схемы синтеза указанных соединений.

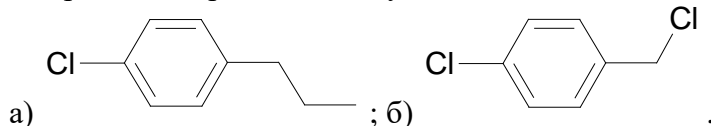
7. Составить план синтеза следующих соединений:



8. Идентификация органических соединений, полученных в ходе синтеза.

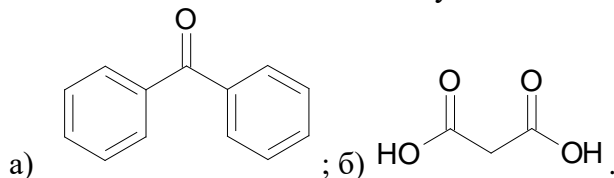
### Вариант 2

1. Простейшие стеклянные лабораторные приборы.
2. Подготовка химических реактивов и растворителей к синтезу. Очистка, осушение и определение констант.
3. Экстракция. Общие понятия и способы экстрагирования.
4. Выпаривание. Упаривание и кристаллизация. Общие понятия. Способы проведения.
5. Синтез как метод, поиск и инструмент исследования.
6. Произвести расчленение указанных соединений:



Какой общий нуклеофильный синтон возникает при этом? Какой ему соответствует синтетический эквивалент? Используя его, напишите схемы синтеза указанных соединений.

7. Составить план синтеза следующих соединений:



8. Идентификация органических соединений, полученных в ходе синтеза.

### Примерные задания для оценки сформированности компетенций

#### ПК-3, индикатор ПК-3.1

(Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных))

1. К основным методам сбора научной информации относятся:
  - а) наблюдение;
  - б) цитирование;

- в) тестирование;
- г) агрегирование данных;
- д) классификация данных;
- е) хранение данных.

2: Какие зарубежные печатные/электронные ресурсы возможно использовать для получения информации по химическим свойствам веществ и процедурам их получения?

- а) справочник CRC Handbook of Chemistry and Physics;
- б) интернет портал Pravo.by;
- в) справочник Merck index;
- г) Aldrich Catalog Handbook of Fine Chemicals;
- д) электронная библиотека Organisation for Economic Cooperation and Development OECD iLibrary и библиотека Организации Объединенных Наций UN Library;
- е) электронная коллекция MathSciNet®.

3. Какие приёмы служат эффективному чтению и освоению материала химических литературных источников?

- а) составление библиографического описания источника литературы;
- б) представление содержания источника в виде формальной системы или исчисления;
- в) формулирование предположений или догадок; утверждений, предполагающих доказательство;
- г) составление оригинальных законченных мыслей, записанных в лаконичной текстовой форме и впоследствии неоднократно воспроизводимых другими людьми;
- д) ведение записей прочитанного;
- е) создание системы закладок и пометок.

### **ПК-3, индикатор ПК-3.2**

*(Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме)*

1. Реферативными базами научных данных являются:

- а) Scopus;
- б) e-library;
- в) Web of Science;
- г) Nature;
- д) Science;
- е) Химия и химики.

2. Какая информация по химическим соединениям находится в базах данных РЖХим и ChemicalAbstracts?

- а) температура кипения;
- б) показатель преломления;
- в) себестоимость;
- г) прогноз биологической активности;
- д) методы утилизации вещества;
- е) показатель надёжности.

3. Какие специализированные химические компьютерные программы используются для обработки экспериментальных данных?

- а) IsisDraw;
- б) CorelDraw;
- в) Microsoft Power Point;
- г) ChemOffice;

- д) Adobe Acrobat;
- е) Office Hub.

### **УК-8, индикатор УК-8.2**

*(Идентифицирует опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности)*

1. Какие показатели используются для отнесения химического вещества к определённому классу опасности?
  - а)  $pK_a$ ;
  - б) ПДК;
  - в)  $LD_{50}$ ;
  - г) константа диссоциации;
  - д) минимально недействующая концентрация;
  - е) ПВХ.
  
2. Какие действия заключают в себе риски при проведении химического научного эксперимента?
  - а) тушение возгорания в лаборатории с помощью углекислотного огнетушителя;
  - б) нейтрализация металлоорганических смесей с помощью воды;
  - в) проведение процессов в реакторах, полностью изолированных от окружающей среды;
  - г) проведение отбора и транспортировки веществ в одноразовой посуде;
  - д) при смешивании жидкостей более тяжёлую из них приливают при перемешивании к жидкости с меньшей плотностью;
  - е) при перегонке высококипящих веществ ( $> 150\text{ }^\circ\text{C}$ ) не включать воду в охлаждающем холодильнике.
  
3. При внесении нитрующего агента в раствор субстрата необходимо:
  - а) реакцию проводить в токе инертного газа;
  - б) осуществлять контроль за температурой процесса;
  - в) использовать капельную воронку;
  - г) применять осушитель;
  - д) использовать стальной реактор;
  - е) применять хлоркальциевую трубку

### **ПК-2, индикатор ПК-2.1**

*(Способен проектировать направленный синтез органических соединений с заданным набором свойств в рамках поставленной задачи)*

1. Для увеличения селективности химических реакций необходимо:
  - а) увеличить температуру реакции;
  - б) использовать катализатор;
  - в) учитывать порядок внесения реагентов в реактор;
  - г) увеличить концентрацию реагентов;
  - д) проводить синтез при повышенном давлении;
  - е) ввести защитные группы
  
2. При выборе схемы синтеза целевого продукта предпочтительными являются:
  - а) доступность исходных реагентов;
  - б) многостадийность;
  - в) жесткие условия синтеза;
  - г) высокий выход продукта реакции;
  - д) возможность проведения каскадных превращений;
  - е) возможность образования изомеров



3. При проведении реакции нитрования аминоаренов в кислой среде необходимо:
- а) брать большой избыток нитрующего агента;
  - б) использовать защитные группы;
  - в) реакцию проводить при высокой температуре;
  - г) предварительно генерировать электрофильную частицу;
  - д) аминоарен вносить в нитрующую смесь;
  - е) порядок внесения реагентов в реактор не имеет значения

### ПК-2, индикатор ПК-2.3

*(Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления структуры органических соединений)*

1. Какое оборудование используется для контроля за протеканием химических процессов?
  - а) аппарат Киппа;
  - б) ЯМР-спектрометр;
  - в) электролизер;
  - г) ультразвуковой зонд;
  - д) хроматограф;
  - е) планетарная мельница.
  
2. Для ускорения протекания химических реакций используют:
  - а) ультразвуковой реактор;
  - б) аппарат Киппа;
  - в) микроволновый реактор;
  - г) жидкостной хроматограф;
  - д) роторный испаритель;
  - е) автоклав Вишневого
  
3. Для идентификации твердых продуктов восстановления нитроаренов используются следующее оборудование и методы анализа:
  - а) рефрактометр;
  - б) ареометры;
  - в)  $C^{13}$  ЯМР-спектроскопия;
  - г)  $H^1$  ЯМР-спектроскопия;
  - д) ИК-спектроскопия;
  - е) масс-спектрометрия

### Критерии оценивания результатов текущего контроля успеваемости

Форма текущего контроля успеваемости	Правила выставления оценки
Самостоятельная работа	<p>Письменная самостоятельная работа состоит из небольшого количества средних по трудности вопросов или заданий, требующих поиска обоснованного ответа. Письменная самостоятельная работа студента должна занимать не более 20-30 минут учебного занятия с разбором правильных решений на следующем занятии. В зависимости от уровня работы, студент получает за неё отметку «зачтено» или «не зачтено».</p> <p>Критерии оценки письменной самостоятельной работы студента:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Зачтено</i>: в письменной форме подготовлен развернутый ответ, содержащий основные знания по теме; логично представлен обобщающий материал по заданной проблеме.</li> </ul>

	<p>- <i>Не зачтено</i>: дано неправильное или же, в значительное степени, неполное раскрытие поставленной задачи с серьезными пробелами и сбоями в логике изложения материала; либо же Письменный ответ по заданию не получен вовсе.</p>
Контрольная работа	<p>- <i>Отлично</i> 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.</p> <p>- <i>Хорошо</i> 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.</p> <p>- <i>Удовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся в целом выполнил работу (общий процент выполнения заданий не менее 50%), допуская существенные недочеты, в том числе при выборе алгоритма решения.</p> <p>- <i>Неудовлетворительно</i> 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.</p>
Лабораторная работа	<p>- <i>Отлично</i> 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.</p> <p>- <i>Хорошо</i> 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.</p> <p>- <i>Удовлетворительно</i> 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.</p> <p>- <i>Неудовлетворительно</i> выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала лабораторной работы, который полностью не раскрыл.</p>
Тест	<p>- <i>Отлично</i> выставляется за 90% правильных ответов.</p> <p>- <i>Хорошо</i> выставляется за 70% правильных ответов.</p> <p>- <i>Удовлетворительно</i> выставляется за 50% правильных ответов.</p> <p>- <i>Неудовлетворительно</i> выставляется при наличии менее 50% правильных ответов или при отказе обучающегося пройти тестовый контроль.</p>

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

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

### Список вопросов к зачету

1. Требование к лабораторному помещению. Техника безопасности в химической лаборатории. Основные правила работы с кислотами, щелочами и легковоспламеняющимися веществами. Хранение реактивов.
2. Химическая посуда. Посуда общего и специального назначения. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления лабораторной посуды и оборудования: стекло, фарфор, металлы, пластмассы, кварц.
3. Разновидности весов. Весовая комната. Устройство теххимических и аналитических весов, правила взвешивания на них.
4. Измерение объема и плотности вещества.
5. Измерение температуры. Приборы для измерения температуры. Автоматический контроль температуры. Термостат.
6. Работа с твердыми веществами. Измельчение. Высушивание и прокаливание порошков. Просеивание сухих порошков. Смешивание порошков. Хранение. Сублимация и десублимация. Определение температуры плавления.
7. Операции с жидкими веществами. Удаление влаги и растворенных газов из органических жидкостей. Перегонка жидкостей. Виды перегонок. Определение температур кипения жидкостей. Хранение жидкостей.
8. Элементарная техника жидкостной экстракции.
9. Техника работы со смесями твердых и жидких веществ и их растворов. Растворение. Определение растворимости веществ. Перемешивание. Выпаривание и концентрирование растворов.
10. Фильтрация, диализ и центрифугирование.
11. Кристаллизация вещества из растворов и расплавов. Выращивание монокристаллов.
12. Эксперименты с газами. Приборы для получения газов. Очистка и осушка газов.
13. Измерение давления газа. Получение вакуума и избыточного давления. Ловушки для конденсации газов.
14. Работы при повышенном давлении. Запаянные ампулы. Автоклавы
15. Физико-химические методы контроля протекания химического процесса. Газожидкостная хроматография.
16. Физико-химические методы контроля протекания химического процесса. Высокоэффективная жидкостная хроматография.
17. Физико-химические методы контроля протекания химического процесса. Тонкослойная хроматография.
18. Физико-химические методы анализа продуктов реакции. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.
19. Физико-химические методы анализа продуктов реакции. Масс-спектрометрия.
20. Физико-химические методы анализа продуктов реакции. ИК-спектроскопия.
21. Цели и задачи органического синтеза.
22. Синтез как метод, поиск и инструмент исследования.
23. Исторический аспект развития органического синтеза.
24. Стратегия органического синтеза.
25. Условия идеального синтеза.
26. Проблема селективности органических реакции.
27. Основные типы синтезов (очевидные, стандартные, сложные).
28. Рациональные и иррациональные синтезы.

29. Общие принципы планирования органического синтеза.
30. Основные виды трансформаций.
31. Трансформации расчленения. Синтоны и синтетические эквиваленты.
32. Нуклеофильные синтоны.
33. Электрофильные синтоны.
34. Трансформации введения, изменения и удаления функциональных групп
35. Стереоселективный синтез.
36. Защита функциональных групп.
37. Общие принципы ретросинтетического анализа.
38. Систематизация и обработка полученных теоретических и экспериментальных данных.
39. Источники получения научной информации. Приемы работы с научной литературой.

#### **Правила выставления оценки на зачете:**

Устный ответ студента на зачете оценивается по 2-х балльной системе.

##### Отметка «зачтено» ставится, если:

- знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы к зачету, так и на дополнительные;
- студент свободно владеет научной терминологией;
- ответ студента логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную для решения;
- ответ студента характеризуется глубиной, полнотой и не содержит фактических ошибок;
- ответ студента иллюстрируется примерами, в том числе из собственной научно-исследовательской деятельности;
- студент демонстрирует умение аргументировано вести диалог и научную дискуссию;
- студент демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

##### Отметка «не зачтено» ставится, если:

- ответ студента обнаружил незнание или непонимание сущностной части дисциплины;
- содержание вопросов не раскрыто, допускаются существенные фактические ошибки, которые студент не может исправить самостоятельно;
- на большую часть дополнительных вопросов по содержанию зачета студент затрудняется дать ответ или не дает верных ответов;
- студент не демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

## **Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Основы постановки научного эксперимента»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Основы постановки научного эксперимента» являются лекции с использованием презентаций. Это связано с тем, что учебный материал содержит большое число схем, таблиц, рисунков, которые затем используются студентами в самостоятельной работе при подготовке к занятиям. Очень важным компонентом занятий является выполнение лабораторных работ, которые охватывают все основные разделы курса, и способствуют закреплению теоретических знаний, полученных студентами при прослушивании лекций.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольной и самостоятельных работ. Задания для самостоятельного решения формулируются на лекциях. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач. Полный список заданий для самостоятельной работы по темам (разделам) дисциплины приведен в ЭУК в LMS Moodle «Основы постановки научного эксперимента». Вопросы, возникающие в процессе или по итогам решения этих задач, можно задать на консультациях или в форуме (чате) в ЭУК в LMS Moodle.

Для самостоятельной работы, в том числе и повтора разобранного лекции и практических занятиях материала первого семестра изучения дисциплины рекомендуется использовать учебно-методическое пособие «Основы постановки химического эксперимента». Практикум в 2-х частях / сост. Р.С. Бегунов, А.Н. Валяева; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2013-2014 г. Данное пособие состоит из восьми разделов, в которых рассматриваются основные приемы работы с химическими веществами и основы сложного органического синтеза. Материал каждого раздела включает в себя краткое изложение теоретического материала по заданной теме, который затем иллюстрируется подробными примерами. В заключение каждого раздела приводятся задания для самостоятельного решения.

Заключительной формой контроля знаний студентов, полученных в процессе прохождения всего курса, является зачет. Подготовка к зачету предполагает освоение материалов лекций, лабораторных работ, учебной литературы и т.п. На зачете проверяются умения и навыки студентов в работе с основными понятиями научного эксперимента, являющимися основной для проведения всех основных лабораторных операций и научных исследований.