

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе и  
образовательным инновациям

О.И.Чуприс



Регистрационный № УД-1286 /уч.

**Современные проблемы химии**

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной  
дисциплине для специальности:**

1-31 80 06 Химия

Профилязация: Фундаментальная и прикладная химия веществ и материалов  
Химия лекарственных соединений

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 06-2019 Химия и учебных планов № G31-040/уч; G31-041/уч. от 11.04.2019.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

Т.А.Савицкая, профессор кафедры физической химии, кандидат химических наук, доцент;  
С.В.Вашенко, доцент кафедры неорганической химии, кандидат химических наук, доцент;  
Д.В.Свиридов, профессор кафедры неорганической химии, доктор химических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси;  
О.И.Шадыро, заведующий кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий, доктор химических наук, профессор;  
Е.А.Стрельцов, заведующий кафедрой электрохимии, доктор химических наук, профессор;  
М.В.Шишонок, доцент кафедры высокомолекулярных соединений, кандидат химических наук, доцент;  
Н.В.Логинова, профессор кафедры неорганической химии, доктор химических наук, профессор;  
Т.Н.Воробьева, профессор кафедры неорганической химии, доктор химических наук, профессор;  
Т.В.Свиридова, доцент кафедры неорганической химии, кандидат химических наук, доцент;  
И.М.Кимленко, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий, кандидат химических наук, доцент;  
М.Н. Ничик, доцент кафедры общей химии и методики преподавания, кандидат химических наук, доцент;  
С.В. Костюк, заведующий кафедрой высокомолекулярных соединений, доктор химических наук, доцент;  
О.Н. Врублевская, доцент кафедры неорганической химии, кандидат химических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.В. Бильдюкович, директор Государственного научного учреждения «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси», академик НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор  
Д.Д. Гриншпан, заведующий лабораторией целлюлозы и продуктов ее переработки Учреждения БГУ «НИИ физико-химических проблем», доктор химических наук, профессор

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Советом химического факультета Белорусского государственного университета  
(протокол № 12 от 26 июня 2019 г.)  
Научно-методическим советом Белорусского государственного университета  
(протокол № 5 от 28 июня 2019 г.)  
Председатель Совета химического факультета БГУ  Д.В. Свиридов

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Учебная дисциплина «Современные проблемы химии» предназначена для студентов II ступени высшего образования (магистратуры), обучающихся по специальности 1-31 80 06 Химия.

**Цель** дисциплины – сформировать у магистрантов углубленное представление об актуальных направлениях и тенденциях развития современных научных исследований в области химии на базе университетского химического образования.

**Задачи** дисциплины:

- дать представление о новых научных направлениях химической науки, теоретических основах этих направлений, сформировать полную и ясную картину тенденций и перспектив развития современной химии;
- отразить результаты современных научных исследований, проводимых в ведущих научных центрах мира и Республики Беларусь;
- сформировать интегрированное научное знание, отражающее взаимосвязь между отдельными областями химической науки, базовые знания по которым составили основу общеуниверситетского химического образования.

Курс структурно разделен на девять разделов, которые отражают его внутреннюю логику и отражают отдельные темы органической химии, супрамолекулярной химии, химии высокомолекулярных соединений, биохимии, физико-химических методов анализа, электрохимии, «зеленой» химии, радиационной химии, аналитической химии, бионеорганической химии.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к модулю «Мегатренды химической науки XXI века» государственного компонента.

Данный курс связан с такими дисциплинами, как «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Высокомолекулярные соединения», «Аналитическая химия» и может быть прочитан после изучения указанных дисциплин.

**Требования к компетенциям**

Освоение учебной дисциплины «Современные проблемы химии» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

**универсальной компетенции:**

УК-2 Быть способным к инновационной и научно-образовательной деятельности, выдвижению самостоятельных гипотез в предметной области, в том числе с привлечением междисциплинарных знаний и с учетом мировых научных достижений.

**углубленной профессиональной компетенции:**

УПК-2 Быть способным предлагать пути решения задач химического профиля, разрабатывать новые методы синтеза и исследования химических веществ и материалов с учетом требований внедрения в производственную

практику инновационных химических материалов и технологий, соответствующих V и VI технологическим укладам.

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:  
**знатъ:**

- сущность иерархического принципа организации материи и основы синергетики;
- основные представления о молекулярно-организованных системах, в том числе с управляемыми свойствами, и их практическом применении;
- концепцию молекулярных и супрамолекулярных устройств и взаимосвязь супрамолекулярной химии с другими областями знания;
- современные направления исследований в бионеорганической химии с особым вниманием к роли металлов и их соединений в живых организмах и окружающей среде;
- термодинамические закономерности и механизмы электросинтеза неорганических и органических соединений, криохимического, сонохимического синтеза, синтеза методами «мягкой» химии;
- химические аспекты создания и использования альтернативных источников энергии, эффективность преобразования одних видов энергии в другие;
- возможные пути оптимизации аналитического определения, концентрирования и разделения веществ на примере компьютерного моделирования химических равновесий, создания единой шкалы сольвофобных эффектов, миниатюризации и автоматизации ионоселективных электродов;
- основные тенденции развития исследований в области свободнорадикальных процессов с участием веществ, входящих в состав живых организмов;
- современные научные и практические достижения в области производства полимерных материалов с новыми уникальными свойствами

**уметь:**

- находить оптимальный путь решения любой научной проблемы, основываясь на теоретическом знании основных направлений развития современной химической науки и анализе мировых достижений в этой области;
- планировать и осуществлять научные исследования в различных областях химии;
- прогнозировать результаты экспериментального исследования и давать оценку полученным данным с точки зрения их научной значимости и перспектив практического использования;
- использовать и совершенствовать методы химического анализа и синтеза;
- разрабатывать новые методы исследования химических веществ и материалов;
- находить области практического применения результатов исследований;
- аргументировать новизну, фундаментальность и прикладное значение полученных экспериментальных данных;

– составлять программу профессионального самообразования и организовывать её осуществление

**владеть:**

- методологией анализа современных научных достижений с точки зрения возможности их практического использования;
- навыками выдачи рекомендаций по внедрению современных разработок новых технологических процессов;
- навыками оценки и прогнозирования перспектив развития отдельных областей химической науки;
- навыками проведения экспертизы научно-исследовательских проектов на базе знания основ современной химии и перспектив ее развития.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина преподается в первом семестре первого курса магистратуры. Общее количество часов для изучения дисциплины – 200, в том числе аудиторных часов – 84, из них: лекции – 72 часа, семинарские занятия – 4 часа, УСР – 8 часов (из них 6 ч. дистанционно).

Форма получения второй ступени высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

Количество зачетный единиц – 6.

## **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Раздел 1. Химия и экологическая безопасность**

Основы безопасного применения и рационального использования биологических и новых материалов и технологий. Токсичность веществ в нанодисперсном состоянии. Нанотоксичность. Охрана окружающей среды. Экологическая безопасность.

Магнитные наноматериалы. Способы получения. Магнитные свойства наносистем. Доменная структура ферромагнитных материалов. Суперпарамагнетизм. Перемагничивание однодоменных частиц. Магнитные носители информации, магнитные жидкости. Применение.

Полимеры и биополимеры, их применение в качестве модификаторов поверхности наноструктур. Органические полупроводники. Понятие об органических электролюминесцентных системах (OLED). OLEDs на основе полимеров с системой сопряженных связей. Преимущества и недостатки органических электролюминесцентных систем. Перспективы использования.

Синтетические душистые вещества, поверхностно-активные вещества, наночастицы органического и неорганического происхождения. Применение в парфюмерно-косметической индустрии, медицине, экологии.

### **Раздел 2. Основы супрамолекулярной химии**

Взаимосвязь супрамолекулярной химии с другими областями знания. Основные понятия супрамолекулярной химии: реагент, субстрат, комплементарность, супремолекула, супрамолекула. Основные функции супрамолекулярных объектов: молекулярное распознавание, превращение, перенос. Краун эфиры и их аналоги: криптанды, поданды и сферанды. Номенклатура краун-эфиров. Важнейшие представители краун-эфиров, криптандов, подандов и сферандов. Анализ термодинамической устойчивости и кинетической лабильности комплексов краун-эфиров, криптандов, подандов и сферандов с катионами металлов. Примеры сферического, тетраэдрического и линейного распознавания катионов и анионов. Процессы переноса и катализа. Трансмембранный перенос катионов. Сопряженные процессы переноса. Катализ реакций гидролиза и конденсации. Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Концепция молекулярных и супрамолекулярных устройств. Фотоиндуцированный перенос электрона и (или) энергии в супрамолекулярных структурах: молекулярные переключатели, молекулярные антенны системы. Фотоника молекулярных агрегатов. Молекулярные агрегаты в фотографических системах.

Основные типы молекулярно-организованных систем и механизмы их формирования. Органические мезофазы как среды для проведения химических реакций. Полиэлектролитные моно- и полислои, по-лиэлектролитные капсулы.

Лэнгмюровские пленки. Самоорганизующиеся монослои. Репликация изображений на их основе (химическая литография). Мономолекулярные смазки. Молекулярные цеолиты как катализаторы. Управляемые мембранные каналы.

### **Раздел 3. Современные подходы к синтезу неорганических веществ и композитных материалов**

#### **Тема 3.1. Основы электрохимического синтеза и материаловедения**

Окислительный и восстановительный электросинтез, его особенности и преимущества. Термодинамическое обоснование фарадеевских процессов. Выбор условий электросинтеза неорганических и органических соединений, электроосаждения твердых веществ. Катодные и анодные материалы, состояние поверхности катодов и анодов при электрохимической поляризации. Фотокатализ и фотосинтез на полупроводниковых электродах. Особенности фотоэлектрохимических процессов при использовании наноразмерных полупроводников. Современные направления развития химических источников тока. Принцип работы металл-ионных батарей.

Термодинамика, кинетика и механизм процессов химического осаждения металлов из растворов, пути получения продуктов с заданными структурой и свойствами (пленок, порошков, фотографических изображений, токопроводящих рисунков), пути обеспечения совместного восстановления металлов. Электрохимическое осаждение металлов из растворов: роль процессов комплексообразования, адсорбции, диффузии, катодные и анодные процессы; влияние разных факторов на структуру покрытий и скорость осаждения. Электрохимическое осаждение сплавов, пути регулирования соотношения металлов в сплаве; фазовый состав, микроструктура и свойства сплавов. Электроосаждение композиционных материалов и их свойства.

#### **Тема 3.2. Криохимический, механохимический, сонохимический синтез неорганических веществ**

Криохимический метод синтеза, общая характеристика метода. Матричная криохимия. Препартивная криохимия. Возможности криохимии для получения, стабилизации химически неустойчивых частиц и соединений. Криохимическая технология производства твердофазных материалов. Получение ферритов, адсорбентов, катализаторов.

Механохимический метод синтеза, общая характеристика метода. Процессы инициируемые механохимическим воздействием. Баллистическая диффузия. Особенности механохимической обработки одно и многокомпонентных систем. Использование механохимического метода в синтезе сплавов, сложнооксидных систем.

Процессы, инициируемые воздействием ультразвука на водные (неводные растворы). Синтез наночастиц металлов контролируемой формы и размера. Синтез оксидов, галонеидов, халькогенидов. Процессы, инициируемые воздействием ультразвука в твердых фазах

### **Тема 3.3. Синтез метастабильных полиморфов методами «мягкой» химии**

Синтетические подходы, лежащие в основе «*soft chemistry*» («мягкой химии»). Особенности протекания и управления процессами фазообразования в водных растворах неорганических полимеров (в частности, оксокислот). Сольватермический,sonoхимический и гидротермальный синтез индивидуальных и смешанных метастабильных кристаллических фаз в виде дисперсных систем, тонких пленок и оболочечных слоев.

Перспективы практического применения метастабильных твердых фаз, конкретные примеры их использования.

- Катализ окислительной деструкции углеводородов смешанными оксидами  $V_2O_5$ :  $MoO_3$ , полученными сольватермическим методом. Каталитическая активность гексагонального триоксида молибдена, модифицированного наночастицами металлов.
- Фотоиндуцированные процессы в гетерооксидных системах мозаичного типа «диоксид титана – оксид переходного элемента». Наведенная окислительная активность композитов «оксид переходного металла (ядро) – диоксид титана (оболочка)».
- Сonoхимический синтез фотоселективных пленочных покрытий на основе оксидов переходных металлов. Фотоуправляемая полимеризация оксо–соединений переходных металлов как основа создания фотолитографических слоев.
- Механизм электрохимического синтеза металл–матричных композитов с инкорпорированными частицами оксидов переходных элементов (в том числе и выполняющими роль носителей химических агентов). Устойчивость композитов «металл–оксид переходного элемента» в агрессивных средах и в условиях воздействия механических нагрузок.

## **Раздел 4. Современные подходы к синтезу органических молекул и композитов на их основе**

### **Тема 4.1. Современные подходы к синтезу полимеров**

Катионная полимеризация изобутилена. Синтез полизобутилена с концевыми олефиновыми группами, основанный на: (1) контролируемой катионной полимеризации; (2) использовании металлогорганических

катализаторов; (3) применении комплексов кислот Льюиса с эфирами. Катализаторы на основе комплексов кислот Льюиса с эфирами.

Суспензионная и эмульсионная катионная полимеризация. Полимеризация в водно-органических дисперсиях. Механизм катионной полимеризации в водных средах. Сильные кислоты Бренстеда в качестве соинициаторов полимеризации. Трифлаты редкоземельных металлов. Комплексы трифлатов редкоземельных металлов с поверхностно-активными веществами [Lewis acid-surfactant combined catalysts (LASC)] как соинициаторы катионной полимеризации.

Полимеризация сложных циклических эфиров:  $\epsilon$ -капролактона, D,L- и L-лактида. Комpleксы титана с диалканоламинами комплексы алюминия с иминофенолятными лигандами в синтезе биодеградируемых (со)полимеров, а также макромономеров на их основе. Органические катализаторы в синтезе биодеградируемых (со)полимеров. Использование биодеградируемых (со)полимеров в регенеративной медицине.

## **Тема 4.2. Полимерные композитные материалы**

Структура полимерных композиционных материалов. Дискретная фаза композита. Непрерывная фаза композита. Адгезия между матрицей и наполнителем. Классификация полимерных нанокомпозитов.

Металлополимерные нанокомпозиты. Принципы получения металлополимерных нанокомпозитов. Наполнители композитов. Матрицы композитов. Макромолекулярные наноконтейнеры. Принципы синтеза наноконтейнеров — дендримеров. Нанокомпозиты дендример — металл. Структура, свойства и назначение нанокомпозитов дендример — металл. Глобулярные наноконтейнеры. Принципы получения композитов глобула — металл. Структура, свойства и назначение нанокомпозитов глобула — металл. Тройные нанокомпозиты: полианион — оксид металла — поликатион; полианион — металл — поликатион. Тактика создания тройных нанокомпозитов: интерполимерные реакции, сшивание, хемосорбция, восстановление. Механизмы и условия проведения реакций. Формы, молекулярная, фазовая и морфологическая структура тройных нанокомпозитов. Назначение тройных нанокомпозитов.

Металлоуглеродные нанокомпозиты. Принципы получения металлоуглеродных нанокомпозитов. Наполнители композитов. Матрицы композитов. Синтез полимерных предшественников углеродной матрицы: механизмы и условия проведения реакций. Сорбция ионов металлов: механизмы и условия проведения реакций. Молекулярная, фазовая и морфологическая структура полимерных предшественников. Карбонизация: механизмы и условия проведения реакций. Формы, молекулярная, фазовая и

морфологическая структура металлоуглеродных нанокомпозитов. Свойства и назначение металлоуглеродных нанокомпозитов.

Полимер-силикатные нанокомпозиты. Дискретная фаза композита. Непрерывная фаза композита. Модификация предшественника силикатного наполнителя: механизмы и условия проведения реакций образования соединений включения. Способы получения полимерной матрицы. Интеркаляция и сорбция макромолекул. Эксфолиация. Полимеризация *in situ*. Структура, свойства и назначение полимер-силикатных нанокомпозитов.

Полимер-углеродные нанокомпозиты. Дискретная фаза композита: нанотрубки, графен. Непрерывная фаза композита. Принципы получения полимер-углеродных нанокомпозитов. Полимеризация *in situ*. Прививка полимера. Механизмы и условия проведения реакций. молекулярная, фазовая и морфологическая структура полимер-углеродных нанокомпозитов. Свойства и назначение полимер-углеродных нанокомпозитов.

#### **Тема 4.3. Прогресс в развитии стратегии органического синтеза на примере полного синтеза стрихнина: от 29 стадий в 1954 г. до 6 стадий в 2011 г.**

Современное состояние органической химии, развитие синтетических методов и стратегий органического синтеза. Увеличение эффективности синтеза органических соединений на примере полного синтеза стрихнина – природного алкалоида сложной структуры.

Стрихнин: структура и биосинтез. Первый синтез стрихнина группой Вудворда. Асимметричный органокатализ: энентиоселективная реакция Дильса-Альдера и 1,4-нуклеофильное присоединение. Асимметричный синтез стрихнина группой Мак-Миллана. 6-стадийный синтез стрихнина в лаборатории Вандервала.

### **Раздел 5. Современные методы исследований в аналитической химии**

Ионные равновесия в аналитической химии. Закон действующих масс и его роль при описании равновесных процессов. Термодинамические, концентрационные и условные константы равновесия. Кислотно-основные равновесия в водных и неводных растворах. Равновесия осадок-раствор. Равновесия комплексообразования. Использование ионных равновесий в аналитической химии. Компьютерное моделирование химических равновесий и их расчет. Система компьютерной математики Mathematica 5.0 как основа для моделирования равновесных систем в аналитической химии. Использование программных средств СКМ Mathematica 5.0 для количественного расчета сложных ионных равновесий. Оптимизация методов аналитического определения, концентрирования и разделения веществ в ионообменных и

экстракционных системах. Сольвофобные эффекты и их влияние на экстракцию и растворимость органических соединений. Сущность сольвофобного эффекта (СЭ) в жидкостях. Гидрофобный эффект как наиболее яркое и типичное проявление СЭ. Способы оценки СЭ. Выбор стандартного состояния для оценки СЭ и единая шкала СЭ для различных жидкостей, установленная на кафедре аналитической химии Белгосуниверситета. Влияние СЭ на экстракцию гидрофобных органических веществ. СЭ как движущая сила экстракционного процесса. Способы управления СЭ. Влияние СЭ на растворимость гидрофобных органических веществ. Принцип выбора растворителя с оптимальной величиной СЭ при разделении и концентрировании гидрофобных органических веществ.

Предмет, задачи и проблемы современной хроматографии и ее роль в анализе состава различных объектов. Классификация методов. Теоретическое описание процесса разделения. Основные факторы размывания хроматографических зон разделяемых соединений. Параметры удерживания, эффективности, селективности. Разрешение хроматографических пиков. Аппаратура газовой и жидкостной хроматографии. Влияние условий проведения анализа на эффективность разделения. Ввод пробы. Дериватизация. Хроматографические колонки. Подвижная фаза. Детекторы. Методы идентификации и количественного определения. Масс-спектрометрические детекторы в хроматографии. Выбор хроматографического оборудования и условий анализа для решения конкретных задач.

## **Раздел 6. Современная химия свободных радикалов**

Гомолиз и гетеролиз химической связи. Структура и устойчивость свободных радикалов. Химические и физические способы генерирования свободных радикалов. Методы обнаружения свободных радикалов. Основные типы реакций с участием свободных радикалов. Химия свободных радикалов углеводов. Образование и пути реакции радикалов моносахаров. Модификации глюкозы, рибозы и дезоксирибозы без раскрытия цикла. Гомолитические реакции, приводящие к раскрытию пиранозного и фуранозного циклов. Влияние кислорода, ионов металлов переменной валентности на гомолитические превращения моносахаров. Гомолитические превращения водорастворимых полисахаридов. Модификация полисахаридов при действии радикальных инициаторов. Влияние кислорода и ионов металлов на гомолитическую деструкцию и модификацию полисахаридов. Свободнорадикальные превращения пептидов и белков. Гомолитическое дезаминирование и деструкция пептидов. Факторы, влияющие на эти процессы. Особенности гомолитического разрыва пептидной связи. Сшивка веществ белковой природы при действии свободнорадикальных агентов.

Свободнорадикальные превращения нуклеиновых кислот и их составляющих. Взаимодействие радикальных интермедиатов с азотистыми основаниями. Свободнорадикальные превращения нуклеозидов в водных растворах. Гомолитические реакции, приводящие к разрыву N-гликозидной связи в нуклеозидах. Разрыв фосфоэфирной связи в нуклеотидах при их гомолитических превращениях. Отличительные особенности гомолитических превращений РНК-ых и ДНК-ых нуклеотидов. Основные пути гомолитических превращений РНК и одноцепочечной ДНК. Типы свободнорадикальных повреждений ДНК. Гомолитические реакции с участием липидов и моделирующих их веществ. Свободнорадикальные превращения глицерофосфолипидов и их составляющих. Химия свободных радикалов глицерина и различных глицеридов. Свободнорадикальные превращения полиненасыщенных карбоновых кислот. Гомолитические реакции, затрагивающие полярную составляющую глицерофосфолипидов. Перекисное окисление глицерофосфолипидов. Понятие об антиоксидантах. Гомолитические превращения сфинголипидов.

## **Раздел 7. Прикладные аспекты фотоники наноструктур**

Механизмы возникновения фотолюминесценции в органических молекулах и неорганических кристаллах, влияние структуры, растворителей, температуры, примесей на физические характеристики люминесценции. Понятие о фотонике иnanoфотонике. Поверхностный плазмонный резонанс в металлических наноструктурах. Физические основы усиления сигнала люминесценции вблизи металлических поверхностей: теория и практика.

Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния и ее аналитические возможности. Синтетические подходы к созданию ГКР-активных субстратов. Анализ объектов культурного наследия методом ГКР на металлических наночастицах.

Способы создания нанотекстурированных металлических поверхностей, которые могут выступать в качестве плазмонных сенсоров. Комбинация фотонных кристаллов и металлических поверхностей.

Применение наноразмерных структур в биоанализе. Иммунофлуоресцентный анализ с использованием полупроводниковых квантовых точек в качестве меток. Мультиплексное детектирование с использованием квантовых точек  $A^{II}B^{VI}$ . Композитные материалы, включающие комплексы металлических наночастиц с полупроводниковыми квантовыми точками. Детектирование в формате FRET. Применение флуоресцирующих наночастиц в ранней диагностике опухолей.

## **Раздел 8. Основные направления современных исследований в бионеорганической химии**

Предмет, задачи, методы и значение бионеорганической химии, ее связь с другими науками (фармакологией, медициной, химией окружающей среды, биотехнологией и др.). Общая характеристика основных направлений современных исследований в бионеорганической химии. Изучение роли металлов и их соединений в живых организмах и в окружающей среде. Изучение реакционной способности ионов металлов и их соединений по отношению к биологическим субстратам. Моделирование металлоферментов и процессов с их участием. Возможности использования в медицине достижений химической биомиметики, связанных с синтезом и изучением структуры и свойств биокоординационных соединений; роль этих исследований в развитии некоторых направлений ортомолекулярной медицины. Синтез биологически активных координационных соединений и разработка фармакологических препаратов и диагностических средств на их основе. Создание биоматериалов.

## **Раздел 9. «Зеленая» химия как наука и мировоззрение**

### **Тема 9.1. «Зеленый» химический синтез и основные приемы его проведения**

Предмет и задачи «зеленой химии». Хронология развития «зеленой химии». Двенадцать принципов «зеленой химии» Пола Анастаса и Джона Уорнера. Направления развития «зеленой химии». «Зеленый» химический синтез и основные приемы его проведения: «зеленые» методы активации химических реакций, «зеленые» растворители, катализ, минимизация побочных продуктов в схемах реакций, «зеленый» дизайн химических процессов, использование возобновляемого сырья и энергии. Внедрение «зеленых» технологий в промышленное производство в мире и Республике Беларусь.

### **Тема 9.2. Концепция устойчивого развития и роль химии в его осуществлении**

Модель устойчивого развития и его показатели. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь. Различие понятий «Зеленая химия» и «Химия для устойчивого развития». «Более чистое производство» как актуальная стратегия развития мировой промышленности.

### **Тема 9.3. Международные инициативы, регламентирующих деятельность мировых производителей химической продукции**

Программа мировых производителей химической продукции «Ответственная забота» (Responsible Care) и ее вклад в устойчивое развитие.

Глобальная Стратегия Управления Продуктом (Global Product Strategy, GPS) как часть программы «Ответственная забота». Системы экологического менеджмента: ISO 14001, европейский эко-менеджмент и аудит (EMAS). Законодательные документы, регламентирующие охрану окружающей среды в химической промышленности: требования к химической продукции Chemicals Policy, REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances), Согласованная на Глобальном Уровне Система Классификации и Маркировки Химической Продукции (Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals, GHS).

## **Раздел 10. Приоритетные исследования в области химических наук**

Актуальные направления исследований в области химических наук, проводимые в Республике Беларусь. Химическое знание как результат взаимосвязи между отдельными областями химической науки. Методология анализа современных научных достижений с точки зрения возможности их практического использования.

## **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА**

## Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

	примере полного синтеза стрихнина: от 29 стадий в 1954 г. до 6 стадий в 2011 г.						
5	Современные методы исследований в аналитической химии	6					Диалог вопрос–ответ
6	Современная химия свободных радикалов	4				2 (ДО)	Составление аналитического обзора
7	Прикладные аспекты фотоники наноструктур	6					Экспресс- опрос
8	Основные направления современных исследований в бионеорганической химии	4					Составление структурно-логической схемы лекции
9	«Зеленая» химия как наука и мировоззрение						
9.1	Зеленый» химический синтез и основные приемы его проведения	2					Составление структурно-логической схемы лекции
9.2	Концепция устойчивого развития и роль химии в его осуществлении			2			Экспресс- опрос
9.3	Международные инициативы, регламентирующих деятельность мировых производителей химической продукции					2	Составление аналитического обзора
10	Приоритетные исследования в области химических наук					4 (ДО)	Краткий реферат
	Итого	72	4			8	

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Перечень основной литературы:**

1. П. Берже, И. Помо, К. Видаль. Порядок в хаосе. М.: Мир, 1991.
2. Ю.Д. Третьяков, Ю.Г. Метлин. Фундаментальные физико-химические принципы в неорганическом материаловедении. // ЖВХО, 1991. – Т. 36, № 26. – С. 265-295.
3. Р.А. Андриевский. Наноматериалы: концепция и современные проблемы. // Рос. хим. журнал (ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделлева), 2002. – Т. XL VI, № 2 5. – С. 50–56.
4. И.П.Суздалев Нанотехнологии: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М., 2005.
5. Ж.М.Лен Супрамолекулярная химия: концепции и перспективы. (пер. с англ.). Новосибирск: Наука., 1998.
6. М.Я.Фиошин, М.Г. Смирнова. Электросинтез окислителей и восстановителей. – Л.:Химия, 1981.
7. S.V. Gaponenko, H. V. Demir. Applied Nanophotonics. Cambridge University Press, 2018.
8. В.В. Свиридов, Т.Н Воробьева, Т.В. Гаевская, Л.И. Степанова. Химическое осаждение металлов из растворов. Минск, 1987.
9. В.В. Поветкин, И.М. Ковенский, Ю.И. Устиновщиков. Структура и свойства электролитических сплавов. М., 1992
- 10.Ю .Д. Третьяков Развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных материалов. //Успехи химии 2004. – Т. 73, № 25. – С. 899–916.
- 11.М. Хьюз. Неорганическая химия биологических процессов. М.: Мир, 1983.
- 12.Н.В. Логинова. Бионеорганическая химия: металлокомплексы в медицине. Mn.: БГУ, 2000.
- 13.А.Л. Гулевич Сложные химические равновесия. Минск, БГУ, 2002.
- 14.В.Дьяконов Mathematica 4: учебный курс. Спб: Питер, 2001.
- 15.С.М. Лещев Оценка сольвофобного эффекта при сольватации гидрофобных органических неэлектролитов полярными растворителями. Журнал физической химии, 1999. - Т. 73, № 21. – С. 58–62.
- 16.W.Wrablewski, A.Dubko, E.Malinowska, Z.Brzozka. Towards advanced chemical microsensors an overview. Talanta, 2004. – P. 33–57.
- 17.V. Egorov, E. Rakhmanko, A. Rat'ko. Anion-selective electrodes with liquid membranes. In: Encyclopedia of Sensors. - ASP: Stiveson Ranch, California, USA.
- 18.Р.Д. Сейфула, И.Г.Борисова. Проблемы фармакологии антиоксидантов. Фармакология и токсикология, 1990. – Т. 53, № 26. – С. 3–10.
- 19.У. Прайор, Свободные радикалы в биологии, 1–2 т. – М., Мир, 1979.

- 20.К. Ингольд, Т. Робертс. Реакции гомолитического замещения. – М.: Мир, 1976.
- 21.В.А. Шарпатый. Радиационная химия биополимеров. – М.: Энергоиздат, 1981.
- 22.J.Clark, D.Masquarrie. Handbook of Green Chemistry: Blackwell, 2002.
- 23.P.Tundo, V.Esposito. Green Chemical Reactions.: Springer, 2003.
- 24.ГЯ. Кабо, А.В. Блохин, В.В. Симирский, О.А. Ивашкевич. Использование растительной биомассы для производства различных видов топлива в Республике Беларусь / / Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сборник статей. Выпуск 3 / под ред. О.А. Ивашкевича. - Минск: БГУ, 2008. – 165.
- 25.Савицкая Т.А., Кимленко И.М., Матюшенков Е.А. Введение в «зеленую» химию: Беларусь и страны Вышеградской четверки: опорный конспект лекций для студентов специальности «Химия» (по направлениям). – Минск: Изд. Центр БГУ, 2016.
- 26.Шишинок М.В. Современные полимерные материалы: учебное пособие / М.В. Шишинок. Минск: Вышэйшая школа, 2017. 278 с.
- 27.Шишинок, М.В. Полимерные материалы медицинского назначения: Минск: РИВШ, 2018. 272 с.
- 28.Шишинок, М.В. Высокомолекулярные соединения: учебное пособие / М.В. Шишинок. Минск: Вышэйшая школа, 2012. 535 с. + электронное приложение.
- 29.Полимерные нанокомпозиты / под ред. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. М.: Техносфера, 2011. 688 с.
- 30.Витязь, П.А. Наноматериаловедение: учебное пособие / П.А. Витязь, Н.А. Свищунович, Д.И. Куис. Минск: Вышэйшая школа, 2015. 511 с.

### **Перечень дополнительной литературы:**

1. Г. Николис, И. Пригожин. Познание сложного. М.: Мир, 1990.
2. И. Пригожин, И. Стенгерс. Порядок из хаоса. М.: Едиториал УРСС, 2003.
3. А. Баблоянц. Молекулы, динамика и жизнь. М.: Мир, 1990.
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматиздат, 2007.
5. Электрохимия. Прошедшие тридцать и будущие тридцать лет. - Под ред. Г. Блума и Ф. Гутмана. М.:Химия, 1982.
6. Н.В. Логинова. Металлокомплексы в медицине: от дизайна к химиотерапии и диагностике. Мн.: БГУ, 2006.
7. Зеленая химия в России: сборник статей / под ред. в.лунина, П.Тундо, Е.Локтевой, Изд-во Моек. ун-та, – 2004.

8. K. C. Nicolaou, E. J. Sorensen, Classics in Total Synthesis: Targets, Strategies, Methods, Wiley-VCH, 1996
9. B. List, Asymmetric Organocatalysis, Springer, 2009.
10. Jones, S. B., Simmons, B., Mastracchio, A., MacMillan, D. W. C. Collective synthesis of natural products by means of organocascade catalysis. *Nature* 2011, 475(7355), 183–188
11. D. B. C. Martin, C. D. Vanderwal, A synthesis of strychnine by a longest linear sequence of six steps *Chem. Sci.* 2011, 2, 649-651

### **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки**

1. Экспресс-опрос на лекции по разделам «Химия и экологическая безопасность», «Современные подходы к синтезу неорганических веществ и композитных материалов», «Современные подходы к синтезу органических молекул и композитов на их основе», «Прикладные аспекты фотоники наноструктур», «Зеленая» химия как наука и мировоззрение».
2. Диалог вопрос–ответ на лекции по разделам «Основы супрамолекулярной химии», «Современные подходы к синтезу неорганических веществ и композитных материалов», «Современные методы исследований в аналитической химии».
3. Тест по разделу «Современные подходы к синтезу органических молекул и композитов на их основе»
4. Составление аналитического обзора по свободно-радикальным процессам в биологических системах (раздел «Современная химия свободных радикалов»)
5. Составление структурно-логической схемы лекции и аналитического обзора по международным инициативам, регламентирующим деятельность химических предприятий по разделу «Зеленая» химия как наука и мировоззрение»
6. Краткий реферат по разделу «Приоритетные исследования в области химических наук»

При оценивании структурно-логической схемы лекции и аналитического обзора обращается внимание на содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность оформления.

При оценке в формате экспресс-опроса и диалога вопрос-ответ учитывается вовлеченность студента в беседу, наличие грамотной аргументации, привлечение знаний, полученных в ходе предыдущих лекционных занятий.

При оценивании реферата обращается внимание на содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность оформления.

Форма текущей аттестации - экзамен. Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (приказ ректора БГУ от 18.05.2015 № 382-ОД);
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2013).

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- ответы на семинарских занятиях – 50 %;
- выполнение заданий (составление аналитических обзоров по темам «Современная химия свободных радикалов», «Международные инициативы, регламентирующих деятельность мировых производителей химической продукции», тест по теме «Полимерные композитные материалы») – 25 %;
- краткий реферат – 25 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценка по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационная оценка – 60 %.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

1. Тема: «Современная химия свободных радикалов», 2 часа.

*Задание 1.* Сформулировать современные направления исследований в данной области научных знаний.

*Задание 2.* Проанализировать состояние исследований в данной области в Республике Беларусь.

Перечень средств диагностики:

Устный экспресс-опрос на лекции.

**2. Тема:** «Полимерные композитные материалы», 1 ч.

*Задание 1.* Сформулировать современные направления исследований в данной области научных знаний.

*Задание 2.* Дать основные определения базовых понятий для данной отрасли научного знания.

Перечень средств диагностики:

Тест.

**3. Тема:** «Зеленая» химия как наука и мирорвоздрение», 2 часа

*Задание 1.* Проанализировать и структурировать изложенный на лекции материал.

*Задание 2.* Проанализировать международные инициативы, регламентирующих деятельность мировых производителей химической продукции

Перечень средств диагностики:

Составление структурно-логической схемы лекции каждым слушателем.

Составление аналитического обзора по регламенту REACH, программе RESPONSIBLE CARE и др.

**4. Тема:** «Приоритетные исследования в области химических наук», 4 часа

*Задание 1.* Проанализировать и структурировать состояние исследований в области химических наук в Республике Беларусь.

*Задание 2.* Отразить взаимосвязь между разными разделами химии для выбора методологии химического исследования.

Перечень средств диагностики:

Краткий реферат.

**Примерная тематика семинарских занятий**

1. Структурные уровни организации материи: шкала размеров и ступени организации вещества.
2. Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Концепция молекулярных и супрамолекулярных устройств.
3. Темплатный синтез мезопористых неорганических материалов.

4. Основные функции супрамолекулярных объектов: молекулярное распознавание, превращение, перенос.
5. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь.
6. «Зеленый» дизайн химических процессов
7. Программа мировых производителей химической продукции «Ответственная забота» (Responsible Care) и ее вклад в устойчивое развитие.

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса *используются методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

При организации образовательного процесса используется *метод проектного обучения*, который предполагает приобретение студентами навыков для решения исследовательских, научных, предпринимательских и коммуникационных задач.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется:

- 1.Разработка и составления банка групповых или индивидуальных заданий; пояснение основных требований к их выполнению;
- 2.Использование современных информационных технологий: размещение в сетевом доступе комплекса учебных и учебно-методических материалов (программа учебной дисциплины, задания в тестовой форме, темы кратких рефератов, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов и др.).

## **ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
«Зеленые» технологии в химической промышленности	Радиационной химии и химико-фармацевтических технологий	нет	Согласование не требуется Протокол № от
Хемоинформатика	Неорганической химии	нет	Согласование не требуется Протокол № от

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО**  
на / учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании Совета химического факультета Белорусского государственного университета  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.)

Председатель Совета химического факультета  
доктор химических наук,  
член-корр. НАН Беларуси \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание) (подпись)

Д.В. Свиридов  
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
доктор химических наук,  
член-корр. НАН Беларуси \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание) (подпись)  
)

Д.В. Свиридов  
(И.О.Фамилия)

## **Рецензия**

на учебную программу дисциплины «Современные проблемы химии»  
для специальности второй ступени высшего образования (магистратуры)  
1-31 80 06 «Химия»

Учебная программа дисциплины «Современные проблемы химии» отражает направления и результаты научных исследований в различных областях современной химической науки.

В качестве объединяющего начала, позволяющего с единых позиций рассматривать тенденции развития самостоятельных химических дисциплин, в программе выступает иерархический принцип организации материи. Включение в программу представлений об атомном, молекулярном, супрамолекулярном и наноразмерном уровнях организации материи создает предпосылки для формирования у обучающихся химического мировоззрения, которое необходимо профессиональным специалистам, имеющим базовое химическое образование.

Авторы стремились сочетать глубину и строгость изложения основного материала с его доступностью для студентов с различным уровнем подготовки и, надо отметить, что им это удалось в достаточной мере. В качестве интересного раздела можно отметить раздел «Основы супрамолекулярной химии», в котором сформулирована концепция супрамолекулярных устройств и рассматриваются возможности их использования для реализации управляемых химических процессов. Раздел «полимерные материалы» предназначен для систематизации уже имеющихся знаний магистрантов о современных полимерных материалах, включая биодеградируемые полимеры, которые сегодня стали достоянием различных областей промышленности.

В представленной программе авторам удалось максимально отразить направления современных приоритетных исследований в области химической науки и их взаимосвязь с направлениями исследований, проводимых на химическом факультете.

Особого внимания заслуживает включение в программу раздела о химических аспектах альтернативных источников энергии, материаловедческих, экологических и экономических проблемах их использования.

В целом, усвоение магистрантами материала, объединенного в рамках данной программы, должно способствовать формированию у них строгой системы современных химических знаний, что крайне необходимо для подготовки высококвалифицированных специалистов. Перечень знаний и умений, перечисленных в пояснительной записке к программе, достаточен для обеспечения высокого уровня профессиональной подготовки

обучаемых. Широкий круг включенных в программу вопросов предусматривает возможность гармоничного сочетания лекционного изложения материала с самостоятельной работой студентов.

На основании вышеизложенного данная программа дисциплины «Современные проблемы химии» может быть рекомендована в качестве базовой для высших учебных заведений по специальности 1-31 80 06 «Химия».

РЕЦЕНЗЕНТ:

Зав. лабораторией целлюлозы и продуктов ее переработки  
НИИ ФХП БГУ, доктор химических наук, профессор

Д.Д Гриншпан



## Рецензия

на учебную программу дисциплины «Современные проблемы химии» для специальности второй ступени высшего образования (магистратуры) 1-31 8006 «Химия»

Учебная программа по курсу «Современные проблемы химии» предназначена для магистрантов химического факультета Белгосуниверситета и других ВУЗов РБ, составлена в полном соответствии с программами учебных курсов по химии, соответствует государственному образовательному стандарту и традициям классического университетского образования в области химических наук. Программа хорошо скомпонована, удачно сбалансирована по разделам и позволяет получить необходимое для каждого будущего специалиста представление о современных проблемах и направлениях исследований в области химии. Использованный терминологический аппарат соответствует нормам и стандартам, принятым в современных учебных изданиях по химии.

Особое внимание в программе уделено рассмотрению вопросов, связанных с достижениями и некоторыми основными направлениями исследований, проводимых на химическом факультете БГУ в области физической, неорганической (и бионеорганической), аналитической химии, химии высокомолекулярных соединений и свободных радикалов. Рассматриваются чрезвычайно актуальные в настоящее время вопросы получения и свойств наноматериалов, биопразлагаемых полимеров, полупроводниковых материалов для солнечных батарей и т.д., о видах и характеристиках альтернативных источников энергии (в том числе водородной энергетики).

Перечень рекомендуемой литературы включает в себя доступные новые и ставшие уже традиционными учебники и учебные пособия как по современной химии в целом, так и по ее отдельным разделам: основам синергетики, химической эволюции от молекул до материалов и устройствам, супрамолекулярной химии, полимерным материалам и т.д.

Рекомендуемые учебные издания, безусловно, позволяют магистрантам усвоить предлагаемый материал, а также качественно в предельно допустимые сроки подготовиться к сдаче экзамена по рассматриваемому курсу.

Таким образом, анализ содержания учебной программы позволяет утверждать, что она включает наиболее актуальные и важные вопросы современной химии, усвоение которых будет способствовать более качественной подготовке современных химиков с университетской магистерской степенью. Рассмотренная программа дисциплины «Современные проблемы химии» может быть рекомендована в качестве базовой для высших учебных заведений по специальности 1-31 80 06 «Химия».

Рецензент

Директор ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларусь»,  
доктор химических наук, академик НАН Беларусь

А.В. Бильдюкович

