

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Информационные технологии в химии энергонасыщенных
материалов»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

к.т.н., профессором кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,

Серушкиным В.В.,

к.х.н., доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»

Юдиным Н.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	10
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	11
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	11
4.2. Содержание разделов дисциплины.	12
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	15
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	19
6.1. Практические занятия	19
6.2. Лабораторные работы.....	19
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	19
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	20
8.1. Оценочные средства освоения дисциплины	20
8.2. Структура и пример зачетного задания	20
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	21
9.1. Рекомендуемая литература	21
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.....	22
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	22
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	22
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	23
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:	23
11.2. Учебно-наглядные пособия:.....	23
11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	23
11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	23
11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения	23
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	26
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	28

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение курса в течение одного семестра.

Дисциплина «Информационные технологии в химии энергонасыщенных материалов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Б1.В.08.

Цель дисциплины «Информационные технологии в химии энергонасыщенных материалов» – ознакомление студентов с современными информационными технологиями, применяющимися на различных стадиях научно-исследовательской и инженерной деятельности в области синтеза, строения, технологии, применения энергонасыщенных материалов..

Задачи дисциплины – научить студентов пользоваться компьютерным обеспечением, предназначенным для управления приборами и экспериментальными установками, применяемыми для анализа и исследования свойств энергоемких материалов; для сбора, анализа и обработки полученных данных;

- познакомить студентов с широким кругом научных компьютерных программ и баз данных, используемых при выполнении теоретических и прикладных работ в области энергонасыщенных материалов (ЭНМ).

Дисциплина «Информационные технологии в химии энергонасыщенных материалов» преподается в 10 семестре. Контроль успеваемости обучающихся ведется по принятой в университете рейтинговой системе. Рабочая программа дисциплины может быть частично реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
- Участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее - НИОКР), направленных на совершенствование получения и использования энергонасыщенных материалов и изделий и изучение их свойств; - разработка программ, методик, технических средств для проведения исследований свойств существующих и новых энергонасыщенных материалов и изделий; - обработка и анализ результатов экспериментальных исследований, формулирование выводов, подготовка	Индивидуальные и смесевые энергонасыщенные материалы и изделия на их основе; расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК- 1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов,	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований; ПК-1.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; использовать современное оборудование и приборы для проведения необходимых экспериментальных исследований; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада;	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. В /02.6. Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
отчетов и публикаций о результатах исследований, защита интеллектуальной собственности; - участие во внедрении результатов НИОКР; - поиск и анализ научно-технической информации в области энергонасыщенных материалов и изделий с целью научно-практической и патентной поддержки проводимых исследований.		публикаций и публичных обсуждений, формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ПК-1.3 Владеет навыками изучения и обобщения научно-технической информации по тематике исследований; современными методами обработки данных; принципами разработки экспериментальных методик и программ для проведения научных исследований; практическими навыками применения современного оборудования и приборов; приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	
- Участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее - НИОКР), направленных на совершенствование получения и использования	Индивидуальные и смесевые энергонасыщенные материалы и изделия на их основе; расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик	ПК- 4 Способен разрабатывать инновационные методики и программы проведения исследований индивидуальных и	ПК-4.1 Знает основные методы, используемые при проведении исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; физико-химические основы возникновения и развития	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
энергонасыщенных материалов и изделий и изучение их свойств; - разработка программ, методик, технических средств для проведения исследований свойств существующих и новых энергонасыщенных материалов и изделий; - обработка и анализ результатов экспериментальных исследований, формулирование выводов, подготовка отчетов и публикаций о результатах исследований, защита интеллектуальной собственности; - участие во внедрении результатов НИОКР; - поиск и анализ научно-технической информации в области	энергонасыщенных материалов; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий.	смесевых взрывчатых материалов, их испытаний	самораспространяющихся процессов горения и детонации и методы расчёта их параметров; физические основы взрыва в различных средах; методы создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергонасыщенных смесевых материалов от природы и соотношения компонентов; ПК-4.2 Умеет теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов; предлагать и решать задачи, связанные с проведением исследований	опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. В /02.6. Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
энергонасыщенных материалов и изделий с целью научно-практической и патентной поддержки проводимых исследований;			индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик; ПК-4.3 Владеет методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений; основными экспериментальными методами синтеза, анализа энергонасыщенных соединений, комплексного исследования их физико-химических и взрывчатых свойств.	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: экспертно-аналитический				
Участие в экспертизе аварийных ситуаций при работах с энергонасыщенными материалами и изделиями; участие в экспертизе чрезвычайных ситуаций, имевших место с использованием энергонасыщенных материалов.	Расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов	ПК-3 Способен в составе группы проводить экспертизу происшествий с участием энергонасыщенных материалов и изделий	ПК-3.3 Владеет методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных материалов; навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения криминалистических задач; навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

Знать:

- основные возможности современных информационных технологий для постановки задач, сбора, анализа и обработки экспериментальной и литературной информации в области химии, химической физики и технологии энергоемких материалов;
- области применения, возможности, теоретические основы, ограничения компьютерных программ для расчета параметров взрывчатого превращения энергоемких материалов;

Уметь:

- осуществлять поиск информации по физико-химическим, термохимическим, теплофизическим и взрывчатым свойствам энергоемких соединений в локальных и on-line базах данных, поисковых системах;
- применять программное обеспечение для получения данных с приборов и оборудования, экспериментальных установок, анализа и обработки данных;
- рассчитывать физико-химические, спектральные, взрывчатые свойства энергоемких соединений;

Владеть:

- навыками квантово-химического расчета структуры, реакционной активности С, N, O-нитросоединений, расчета и анализа колебательных спектров, энтальпии образования энергетических материалов с использованием различных методов.
- навыками анализа спектрофотометрической и хроматографической информации с использованием специализированного программного обеспечения;
- методами расчета основных параметров процессов горения и детонации энергоемких соединений.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0.9	32	24
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.22</i>	<i>8</i>	<i>6</i>
Лекции	0.45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0.45	16	12
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.22</i>	<i>8</i>	<i>6</i>
Самостоятельная работа	2.1	76	57
Контактная самостоятельная работа	2.1	0.4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75.6	56,7
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>1</i>	<i>36</i>	<i>27</i>
Экзамен	-	-	-
Вид контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Введение	1		1	-		-
	Раздел 1. Программные продукты для теоретической и общей химии	23	2	3	4	2	16
1.1	Применение программного пакета квантово-химического моделирования «Gaussian» для расчета строения и свойств ЭНМ	12	1	2	2	1	8
1.2	Комплекс химических программ ACD Labs.	11	1	1	2	1	8
	Раздел 2. Программные продукты для расчетов процессов горения и детонации	23	2	3	4	2	16
2.1	Программы для расчета термодинамических равновесий сложных гетерогенных многокомпонентных систем при повышенных температурах и давлениях	12	1	2	2	1	8
2.2	Программы расчета параметров детонации ЭНМ, ударных адиабат	11	1	1	2	1	8
	Раздел 3. Специализированные научные базы данных в области ЭНМ	22	2	3	3	2	16
3.1	Локальные базы данных по свойствам ЭНМ	14	1	2	2	1	10
3.2	Применение on-line баз данных для поиска информации по ЭНМ и исходным продуктам	8	1	1	1	1	6
	Раздел 4. Программное обеспечение для управления аналитическим оборудованием, обработки и визуализации данных.	22	1	3	3	1	16

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
4.1	Программное обеспечение для спектрофотометрии в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной области.	14	0,5	2	2	0,5	10
4.2	Программное обеспечение для проведения хроматографических и хроматомасс-спектрометрических исследований.	8	0,5	1	1	0,5	6
	Раздел 5. Применение информационных ресурсов сети Internet для поиска информации в области ЭНМ	17	1	3	2	1	12
5.1	Патентные базы данных	8	0,5	1	1	0,5	6
5.2	Электронные научные информационные ресурсы, поисковые системы научной информации	9	0,5	2	1	0,5	6
	ИТОГО	108	8	16	16	8	76

4.2. Содержание разделов дисциплины.

Введение

Задачи дисциплины. Особенности применения компьютеров и информационных технологий на различных стадиях решения научных и инженерных задач.

Принципы и схемы применения компьютеров для управления научными приборами и экспериментальными установками. Понятия об основных элементах схем и принципах их функционирования и взаимодействия.

Раздел 1. Программные продукты для теоретической и общей химии

1.1. Применение программного пакета квантово-химического моделирования «Gamess» для расчета строения и свойств ЭНМ

Программы квантово-химического молекулярного моделирования. Методы расчета, их особенности, возможности и ограничения. Знакомство с интерфейсом программ, методами ввода исходной информации, проведения расчетов, представления результатов. Расчет строения, энтальпии образования, колебательных спектров молекул С, N, O-нитросоединений, азотистых гетероциклов. Пример использования расчетов зарядов на атомах и промежуточных σ -комплексов для анализа реакционной активности ароматических соединений в реакциях нитрования и изомерного состава ароматических нитросоединений.

1.2. Комплекс химических программ ACD Labs

Знакомство с интерфейсом, блочной структурой комплекса программ. Редактор формул, Расчет ЯМР (C^{13}), ПМР спектров нитросоединений. Обработка ЯМР (C^{13}), ПМР,

ИК- спектров нитросоединений. Примеры применения в жидкостной и газовой хроматографии.

Раздел 2. Программные продукты для расчетов процессов горения и детонации

2.1. Программы для расчета термодинамических равновесий сложных гетерогенных многокомпонентных систем при повышенных температурах и давлениях

Программа расчета термодинамических равновесий сложных гетерогенных многокомпонентных систем при повышенных температурах и давлениях – REAL. Теоретические основы, алгоритм расчета. Возможности программы, области применения, ограничения. Преимущества и недостатки по сравнению с зарубежными аналогами. Интерфейс программы, методы ввода исходной информации, процедура расчетов, вывод результатов расчета.

Расчеты состава продуктов горения и их термодинамических параметров для многокомпонентных систем при постоянном давлении (в камере ракетного двигателя) или объеме (в камере артиллерийского орудия). Расчеты с адиабатическим расширением продуктов горения. Учет влияния кинетических факторов путем задания частично неравновесных состояний. Расчеты теплоты горения, силы и потенциала пороха, удельного импульса, параметров в камере сгорания ракетного двигателя, в сечении и на срезе сопла.

2.2. Программы расчета параметров детонации ЭНМ, ударных адиабат

Программа расчета параметров детонации SD (Shock & Detonation). Теоретический базис, алгоритм расчета, возможности программы, области применения, ограничения, сравнение с зарубежными аналогами. Особенности интерфейса программы, ввод данных для расчета, представление результатов расчета.

Расчет параметров «идеальной» стационарной детонации взрывчатых систем (плоскость Чепмена-Жуге). Расчет параметров детонации, как функции плотности и состава смеси. Равновесные и «замороженные» адиабаты расширения продуктов детонации. Расчет равновесных и «замороженных» ударных адиабат (адиабат Гюгонио) и изоэнтроп продуктов детонации.

Программа «EXPLOSIVE» для расчета параметров детонации с использованием полуэмпирических методов (Метод Мартин-Яллопа, Пипекина, Kamlet и др.).

Раздел 3. Специализированные научные базы данных в области ЭНМ

3.1. Локальные базы данных по свойствам ЭНМ

База данных термодинамических, термохимических, термофизических свойств веществ – ASTD. Анализ обратимых химических реакций (влияния на их протекание давления и температуры).

База данных по свойствам и стационарному горению энергетических материалов – FLAME (PXTU им. Д.И. Менделеева). Содержание базы данных, поиск необходимой информации, возможности анализа данных с целью решения конкретных научных и инженерных задач в области горения энергетических материалов.

База данных по чувствительности энергетических материалов к различного рода механическим воздействиям – HAZARD (PXTU им. Д.И. Менделеева). Принципы ее построения и содержание, поиск необходимой информации, примеры применения для оценки безопасности химико-технологических процессов.

3.2. Применение on-line баз данных для поиска информации по ЭНМ и исходным продуктам

Примеры применения on-line баз данных для поиска информации по физико-химическим, термохимическим, термодинамическим, взрывчатым свойствам энергетических материалов, исходных продуктов и продуктов горения и детонации. Базы данных NIST Kinetic Database (<https://kinetics.nist.gov/kinetics/index.jsp>),

NISTChemistry Webbook (<https://webbook.nist.gov/>), Computational Chemistry Comparison and Benchmark DataBase (<https://cccbdb.nist.gov/>), Shock Wave Database (<http://www.ihed.ras.ru/rusbank/>), и др.

Раздел 4. Программное обеспечение для управления аналитическим оборудованием, обработки и визуализации данных

- 4.1. Программное обеспечение для спектрофотометрии в ультрафиолетовой видимой и инфракрасной области. Работа с ПО SoftSpectra и UV-Vis Analyst, Omnic и Spectra. Основные принципы первичной обработки спектральной информации: выбор аподизирующей функции, сглаживание, коррекция базовой линии, изменение спектрального диапазона и разрешения, выбор и изменение формата отображения. Решение идентификационных задач. Углубленная обработка спектральной информации: разделение пиков, коррекция нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), Кубелки-Мунка, Крамера-Кронга, определение показателя преломления, коэффициента поглощения, количественные расчеты, сложение и вычитание спектров. Использование спектральных баз данных.
- 4.2. Основные принципы работы с ПО Мультихром и ThermoXcalibur. Первичная обработка хроматограмм и масс-спектров, коррекция базовой линии, сглаживание. Контроль хроматографических параметров: отношение сигнал–шум, асимметрия пиков, разрешение. Определение высоты и площади пиков, идентификация веществ и количественный анализ. Представление масс-спектров, построение ионного дерева. Использование масс-спектральных баз данных, поиск и идентификация веществ с использованием ПО NIST MSSearch и AMDIS.

Раздел 5. Применение информационных ресурсов сети Internet для поиска информации в области ЭНМ

- 5.1. Патентные базы данных
Europ's Network of Patents Database, база данных ФИПС и другие. Возможности поиска информации об изобретениях, полезных моделях, промышленных образцах в области энергонасыщенных материалов и изделий.
- 5.2. Электронные научные информационные ресурсы, поисковые системы научной информации
Поисковые системы ScienceDirect, Scopus, Web of Science, Wiley Online Library, Reaxys и др. Электронная научная библиотека E-Library.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел					
		Введение	1	2	3	4	5
	Знать:						
1	- основные возможности современных информационных технологий для постановки задач, сбора, анализа и обработки экспериментальной и литературной информации в области химии, химической физики и технологии энергоемких материалов;	+	+		+	+	+
2	- области применения, возможности, теоретические основы, ограничения компьютерных программ для расчета параметров взрывчатого превращения энергоемких материалов.			+			
	Уметь:						
3	- осуществлять поиск информации по физико-химическим, термохимическим, теплофизическим и взрывчатым свойствам энергоемких соединений в локальных и on-line базах данных, поисковых системах;				+	+	+
4	- применять программное обеспечение для получения данных с приборов и оборудования, экспериментальных установок, анализа и обработки данных;	+				+	
5	рассчитывать физико-химические, спектральные, взрывчатые свойства энергоемких соединений.		+	+			
	Владеть:						
6	- навыками квантово-химического расчета структуры, реакционной активности С, N, О-нитросоединений, расчета и анализа колебательных спектров, энтальпии образования энергетических материалов с использованием различных методов;		+				
7	- навыками анализа спектрофотометрической и хроматографической информации с использованием специализированного программного обеспечения.					+	
8	методами расчета основных параметров процессов горения и детонации энергоемких соединений.			+			

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:								
№			Раздел					
			Введение	1	2	3	4	5
9	ПК-1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований	+				+	+
		ПК-1.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; использовать современные оборудование и приборы для проведения необходимых экспериментальных исследований; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада				+	+	+
		ПК-1.3 Владеет навыками изучения и обобщения научно-технической информации по тематике исследований; современными методами обработки данных; принципами разработки экспериментальных методик и программ для проведения научных исследований; практическими навыками применения современного оборудования и приборов; приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	+				+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:								
№			Раздел					
			Введение	1	2	3	4	5
10	ПК-4 Способен разрабатывать инновационные методики и программы проведения исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний	ПК-4.1 Знает основные методы, использующиеся при проведении исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; физико-химические основы возникновения и развития самораспространяющихся процессов горения и детонации и методы расчёта их параметров; физические основы взрыва в различных средах; методы создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергонасыщенных смесевых материалов от природы и соотношения компонентов			+	+		+
		ПК-4.2 Умеет теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов; предлагать и решать задачи, связанные с проведением исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик		+	+			
		ПК-4.3 Владеет методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений; основными экспериментальными методами синтеза, анализа энергонасыщенных соединений, комплексного исследования их физико-химических и взрывчатых свойств		+	+		+	

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:								
№			Раздел					
			Введение	1	2	3	4	5
11	ПК-3 Способен в составе группы проводить экспертизу происшествий с участием энергонасыщенных материалов и изделий	ПК-3.3 Владеет методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных материалов; навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения криминалистических задач; навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов			+	+	+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Рабочей программой дисциплины практические занятия не предусмотрены.

6.2. Лабораторные работы

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению теоретического материала, изучаемого в дисциплине «Информационные технологии в химии энергонасыщенных материалов», а также направлено на приобретение навыков решения практических задач в области химической технологии и химической физики энергонасыщенных материалов.

Лабораторный практикум по дисциплине «Информационные технологии в химии энергонасыщенных материалов» выполняется в соответствии с Учебным планом в 10 семестре и занимает 16 акад. ч.. Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 60 баллов (максимально по 10 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Квантово-химический расчет строения, свойств, реакционной активности, энтальпии образования, колебательных спектров С, N, O-нитросоединений, азотистых гетероциклов.	2
2	1	Расчет физико-химических свойств, ПМР-спектр, C^{13} -спектр С, N, O-нитросоединений, азотистых гетероциклов.	2
3	2	Расчет равновесных термодинамических параметров и состава продуктов горения энергетических материалов. Расчет теплоты горения, силы пороха, удельного импульса.	2
4	2	Расчет параметров стационарной детонации взрывчатых систем. Расчет ударных адиабат и изознтроп продуктов детонации.	2
5	4	Идентификация энергонасыщенных соединений по спектрофотометрическим, хроматографическими масс-спектрометрическим данным.	4
6	3, 5	Поиск данных по физико-химическим, термодинамическим, взрывчатым свойствам, чувствительности к внешним воздействиям энергонасыщенных соединений с использованием локальных специализированных баз данных, on-line патентных баз данных и других информационных ресурсов Internet.	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Информационные технологии в химии энергонасыщенных материалов» предусмотрена самостоятельная работа студента специалитета в объеме 76 ч в 10 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

1. регулярную проработку пройденного на лекциях учебного материала;
2. подготовку к лабораторным работам;
3. подготовку к защите зачетной работы.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение лабораторных работ (максимальная оценка 60 баллов и итогового контроля в форме зачёта с оценкой (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Оценочные средства освоения дисциплины

Текущий контроль освоения дисциплины осуществляется по результатам выполнения лабораторных работ.

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

Вид контроля	Лабораторная работа						Σ
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	
Баллы	10	10	10	10	10	10	60

8.2. Структура и пример зачетного задания

Итоговый контроль освоения материала дисциплины (зачёт с оценкой) проводится в форме защиты зачетной расчетно-графической работы. Зачетная расчетно-графическая работа включает контрольные задания по всем разделам учебной программы дисциплины.

Пример зачетного задания:

1. Привести все имеющиеся тривиальные и химические (в том числе по международной номенклатуре) названия энергонасыщенного соединения, сокращения и аббревиатуры.
2. Рассчитать структуру молекулы, энтальпию образования, длины связей, заряды на атомах, наиболее интенсивные полосы ИК-спектра.
3. Рассчитать некоторые физико-химические свойства вещества: плотность, температуру кипения (если возможно), ПМР-спектр, C^{13} -спектр.
4. Рассчитать состав продуктов горения, адиабатическую температуру горения (T_a) при давлении 10 МПа, теплоту горения (Heat of combustion).
5. Рассчитать равновесный состав продуктов детонации и параметры детонации: скорость детонации, давление в плоскости Чепмена-Жуге, массовую скорость продуктов, температуру продуктов, объем газообразных продуктов, при такой величине плотности, для которой имеются экспериментальные измеренные величины в базах данных.
6. Найти данные по физико-химическим, термодинамическим, взрывчатым свойствам, чувствительности к внешним воздействиям в специализированных локальных и on-line базах данных. Провести сравнительный анализ экспериментальных и расчетных данных.
7. Оформить результаты расчетов и поисков в виде отчета в электронном формате.

Для выполнения зачетной расчетно-графической работы каждому обучающемуся выдается индивидуальное задание – конкретное энергонасыщенное соединение.

Примерный перечень энергонасыщенных соединений для выполнения зачетной работы:

1. 1,3,4,6- Тетранитрогликольурил;
2. 1,3,5-Тринитро-1,3,5-триазаиклогексанон-2;
3. 3-Нитро-1,2,4-триазол-5-он;
4. 2,4,6-Тринитрофенол;
5. 1,3,5-Триазида-2,4,6-тринитробензол;
6. 1,3,5-Триамино-2,4,6-тринитробензол;
7. Гексанитрат маннита;
8. Гексанитрогексаазаизовюрцитан;
9. Дигликольдинитрат;
10. Триэтиленгликольдинитрат
11. 2,3,4,6-Тетранитроанилин;
12. Этилендинитрамин;
13. Тетрил;
14. ТЭН;
15. Диазодинитрофенол;
16. Гексанитродифенил;
17. 1,1-Диамино-2,2-динитроэтилен;
18. 2,4,6,2',4',6'-Гексанитродифениламин;
19. Гексоген;
20. Октоген;
21. 2,4,6-Тринитрохлорбензол;
22. 1,3,5-Тринитробензол;
23. 1-Метил-3-гидрокси-2,4,6-тринитробензол;
24. Нитроглицерин;
25. 1,1-Диамино-2,2-динитроэтилен

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Информационные системы и БД в области химии [Электронный ресурс]: Электронный учебник. Режим доступа: <https://study.muctr.ru/file.php/27/site/index.html> (дата обращения: 22.05.2023).
2. Цирельсон В. Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела. Учебное пособие – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 495 с., ISBN 978-5-9963-0080.
3. Синдицкий В.П., Серушкин В.В. Термическое разложение энергетических материалов. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2012, 152 с.
4. Серушкин В.В. ,Синдицкий В.П. Термодинамика процессов горения и детонации. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2012, 112 с.

Б. Дополнительная литература:

1. Меньшутина Н. В., Матасов А. В. Современные информационные системы хранения, обработки и анализа данных для предприятий химической и смежных отраслей. Учебное пособие – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011, 307 с., ISBN 978-5-7237-0912-6.
2. Цирельсон В. Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела. Учебное пособие – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 495 с., ISBN 978-5-9963-0080.

3. Компьютерная химия: Практическое руководство по расчетам структуры и энергии молекулы [Текст] : пер. с англ. / Т. Кларк. - М. : Мир, 1990. - 384 с. : ил. - Библиогр.: с. 379-381. - ISBN 5-03-001325-3.
4. Методические указания по введению в поиск информации для студентов специальности "Химия и технология органических соединений азота" [Текст] : учебное пособие / Сост. Е.Ю. Орлова, Сост. Н.А. Орлова, Сост. В.Ф. Жилин, Сост. В.Л. Збарский. - М. : МХТИ, 1986. - 36 с.
5. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 438 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Физика горения и взрыва. ISSN: 0430-6228

Химическая физика. ISSN (print): 0207-401X

Горение и взрыв. ISSN: 2305-9117

Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087

Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822

Thermochimica Acta. ISSN: 0040-6031

Combustion and Flame. ISSN: 0010-2180

International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678

Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

NIST Kinetic Database (<https://kinetics.nist.gov/kinetics/index.jsp>)

NIST Chemistry Webbook (<https://webbook.nist.gov/>)

Computational Chemistry Comparison and Benchmark DataBase

(<https://cccbdb.nist.gov/>)

Shock Wave Database (<http://www.ihed.ras.ru/rusbank/>)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

компьютерные презентации интерактивных лекций;

для проведения лабораторных занятий используются компьютеры и программное обеспечение кафедры.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);

- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);

- файлообменная система Google Диск – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);

- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной

литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Информационные технологии в химии энергонасыщенных материалов» проводятся в форме лекций, лабораторных работ и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Компьютерный класс, оборудованный и учебной мебелью, шестью рабочими местами (компьютерами с доступом в Интернет), электронными средствами демонстрации (переносные ноутбук, проектор, экран); библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы могут привлекаться компьютерная техника и программное обеспечение кафедры.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебные фильмы по определению чувствительности ЭМ к внешним воздействиям.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проектор и экран; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы.

Электронные презентации к разделам лекционного курса.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему MicrosoftWindows 10.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
					ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)
4	Xcalibur 3.1	Поставка с оборудованием. ПО входит в состав хроматомасс-спектрометрического оборудования ГХ-МС	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
5	Xcalibur 2.4	Поставка с оборудованием. ПО входит в состав хроматомасс-спектрометрического оборудования ЖХ-МС и ГХ	2	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.

№ п/ п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Коли- чество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
6	Мультихром 2.4 версия для Милмхром-4	Электронный (аппаратный) ключ	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
7	SoftSpectra 5.0 (управление спектрометром Spekord M40)	Электронный (аппаратный) ключ	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
8	NIST Mass Spectral Database	Поставка с оборудованием. ПО входит в состав хроматомасс- спектрометри- ческого оборудования	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
9	GameSS (The General Atomic and Molecular Electronic Structure System)	Свободное ПО	-	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
10	UV-Vis Analyst	Электронный (аппаратный) ключ	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
11	ACD/ChemSketch 12.0 Freeware	Freeware	—	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
12	Комплекс программ для расчета равновесного состава и свойств многокомпо- нентных гетерогенных систем REAL вер. 3.5, ASTD вер. 3.0, CompBase вер. 1.0	Свидетельство о государствен- ной регистрации программы для ЭВМ №2015614083 от 6.04.2015 Лицензионное соглашение и ограниченная гарантия №00001	6	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
13	Программа расчёта параметров детонации	Собственная разработка ИХТ факультета	6	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
	энергонасыщенных веществ Shock&Detonation				

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение	<i>Знает</i> - основные понятия, определения, основные возможности современных информационных технологий для постановки задач, сбора, анализа и обработки экспериментальной и литературной информации в области химии, химической физики и технологии энергоемких материалов;	Оценка за зачетную работу
Раздел 1. Программные продукты для теоретической и общей химии	<i>Знает</i> основные возможности современных информационных технологий для постановки задач, сбора, анализа и обработки экспериментальной и литературной информации в области химии, химической физики и технологии энергоемких материалов; <i>Владеет:</i> - навыками квантовомеханического расчета структуры, реакционной активности С, N, O-нитросоединений, расчета и анализа колебательных спектров, энтальпии образования энергетических материалов с использованием различных методов.	Оценки за лабораторные работы №1,2 Оценка за зачетную работу.
Раздел 2. Программные продукты для расчетов процессов горения и детонации	<i>Знает</i> области применения, возможности, теоретические основы, ограничения компьютерных программ для расчета параметров взрывчатого превращения энергоемких материалов; <i>Умеет:</i> - рассчитывать физико-химические, спектральные, взрывчатые свойства энергоемких соединений. <i>Владеет:</i> - методами расчета основных параметров процессов горения и детонации энергоемких соединений.	Оценки за лабораторные работы №3,4 Оценка за зачетную работу.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 3. Специализированные научные базы данных в области ЭНМ	<i>Знает</i> основные возможности современных информационных технологий для постановки задач, сбора, анализа и обработки экспериментальной и литературной информации в области химии, химической физики и технологии энергоемких материалов; <i>Умеет:</i> - осуществлять поиск информации по физико-химическим, термохимическим, теплофизическим и взрывчатым свойствам энергоемких соединений в локальных и on-line базах данных, поисковых системах;	Оценка за лабораторную работу №6 Оценка за зачетную работу.
Раздел 4. Программное обеспечение для управления аналитическим оборудованием, обработки и визуализации данных	<i>Знает</i> основные возможности современных информационных технологий для постановки задач, сбора, анализа и обработки экспериментальной и литературной информации в области химии, химической физики и технологии энергоемких материалов; <i>Умеет:</i> - применять программное обеспечение для управления аналитическим оборудованием и экспериментальными установками, для обработки, анализа и визуализации данных; <i>Владеет:</i> - навыками анализа спектрофотометрической и хроматографической информации с использованием специализированного программного обеспечения.	Оценка за лабораторную работу №5 Оценка за зачетную работу.
Раздел 5. Применение информационных ресурсов сети Internet для поиска информации в области ЭНМ	<i>Знает</i> основные возможности современных информационных технологий для постановки задач, сбора, анализа и обработки экспериментальной и литературной информации в области химии, химической физики и технологии энергоемких материалов; <i>Умеет:</i> - осуществлять поиск информации по физико-химическим, термохимическим, теплофизическим и взрывчатым свойствам энергоемких соединений в локальных и on-line базах данных, поисковых системах.	Оценка за лабораторную работу №6 Оценка за зачетную работу.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Информационные технологии в химии энергонасыщенных
материалов»

основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Исходные продукты для энергонасыщенных соединений»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

к.х.н., доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»

Юдиным Н.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2.	ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3.	ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	7
4.	СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4.1.	Разделы дисциплины и виды занятий	7
4.2.	Содержание разделов дисциплины.....	8
5.	СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	8
6.	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	10
7.	САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	11
8.	ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	11
8.1.	Оценочные средства текущего контроля освоения дисциплины	11
8.1.1.	Перечень вопросов для контрольных работ	12
8.1.2.	Примеры контрольных работ	15
8.1.3.	Примерный перечень тем рефератов.....	15
8.2.	Оценочные средства итогового контроля освоения дисциплины	17
8.2.1.	Перечень вопросов для итогового контрольного опроса	17
8.2.2.	Структура и пример задания для контрольного опроса	19
9.	УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	19
9.1.	Рекомендуемая литература	19
9.2.	Рекомендуемые источники научно-технической информации	19
9.3.	Средства обеспечения освоения дисциплины	20
10.	ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	20
11.	МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
11.1.	Оборудование, необходимое в образовательном процессе.....	20
11.2.	Учебно-наглядные пособия:	21
11.3.	Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	21
11.4.	Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:.....	21
11.5.	Перечень лицензионного программного обеспечения	21
12.	ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	22
13.	ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ ...	24

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Исходные продукты для ЭНС» относится к формируемой участниками образовательных отношений части дисциплин учебного плана (Б1.В.05).

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общетеоретических дисциплин органической химии, процессов и аппаратов химической технологии, общей химической технологии. Знания, полученные при изучении дисциплины, являются основой для последующего изучения студентами специальной дисциплины «Химическая технология бризантных ЭНС».

Целью дисциплины «Исходные продукты для ЭНС» является ознакомление обучающихся с химической технологией производства исходных соединений используемых при получении энергонасыщенных материалов (ЭМ). С основными принципами выбора сырьевой базы, ее влиянием на экономическую эффективность, технологическую и экологическую безопасность.

Основные задачи дисциплины:

- сформировать четкие представления о сырьевой базе производства ЭМ, основных характеристиках сырья и методах их промышленного производства.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью ознакомления обучающихся с:

1. общими подходами к выбору сырья. Влиянием наличия и развития сырьевой базы на развитие производства ЭМ;
2. получением ароматических соединений из нефти и каменного угля;
3. использованием замещенных ароматических углеводородов в производстве энергонасыщенных материалов;
4. методами производства сырья для получения нитроэфиров;
5. сырьевой базой производства нитраминов;
6. исходными продуктами для получения новых и перспективных ЭМ.

Дисциплина «Исходные продукты для ЭНС» преподается в 7-ом семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть частично реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции;	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений;	26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: разработки, проектирования, наладки, эксплуатации и совершенствования средств, методов получения и способов применения энергонасыщенных материалов и изделий; промышленного и опытного производства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов, исходных и промежуточных продуктов для их получения; промышленного и опытного производства изделий на основе энергонасыщенных материалов; эксплуатации и хранения энергонасыщенных материалов; надзора в области промышленной безопасности при получении и использовании энергонасыщенных материалов и изделий).

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
контроль над соблюдением технологической дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.			исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов. ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объёму производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. научно-технической информации и результатов исследований.

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

знать:

- основные принципы выбора сырьевой базы производства ЭМ;
- теоретические основы процессов получения исходных продуктов для производства ЭМ;

Уметь:

- прогнозировать перспективные пути развития технологии процессов получения исходных продуктов для производства ЭМ;

Владеть:

- современной информацией по методам производства исходных продуктов для производства ЭМ в России и за рубежом;
- навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	0.9	32	24
Лекции	0.45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0.45	16	12
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	1,1	4	3
Самостоятельная работа	1,1	40	30
Контактная самостоятельная работа	1,1	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,8	29,85
Виды контроля:			
Зачет	+	+	
Экзамен	-	-	
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	
Подготовка к экзамену.		-	
Вид контроля:	Зачет		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек-ции	Практ. занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1	Введение Сырьевая база производства ЭМ. Общие подходы к выбору сырья.	9		2	2		5
2	Раздел 1. Получение ароматических соединений из нефти и каменного угля.	13	1	3	3	1	7
3	Раздел 2. Использование замещенных ароматических	13	1	3	3	1	7

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практ. занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	углеводородов в производстве энергонасыщенных материалов.						
4	Раздел 3. Сырье для получения нитроэфиров	11		2	2		7
5	Раздел 4. Сырьевая база производства нитраминов	13	1	3	3	1	7
6	Раздел 5. Сырьевая база получения новых и перспективных ЭМ.	13	1	3	3	1	7
	Всего часов	72	4	16	16	4	40

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Введение Сырьевая база производства ЭМ. Общие подходы к выбору сырья.

Раздел 1. Получение ароматических соединений из нефти и каменного угля. Влияние технологии на качество получаемых углеводородов. Первичная и вторичная переработка нефти, процессы крекинга, пиролиза, риформинга, каталитические системы. Термодинамические и кинетические факторы и их влияние на состав продуктов. Выделение ароматических углеводородов, очистка от сернистых и азотистых соединений соединений.

Раздел 2. Использование замещенных ароматических углеводородов в производстве энергонасыщенных материалов.

Получение фенола, резорцина, флуороглюцина, бензиламина, хлорбензола. Галлюцинирующие и сульфорирующие агенты.

Раздел 3. Сырье для получения нитроэфиров.

Непределенные углеводороды, эпоксиды, полиспирты: методы синтеза, технология, требования к качеству.

Раздел 4. Сырьевая база производства нитраминов.

Уксусная кислота, уксусный ангидрид, альдегиды, уротропин, глиоксаль. Методы получения, технология, требования к качеству исходных продуктов.

Раздел 5. Сырьевая база получения новых и перспективных ЭМ.

Триазолон, производные гексаазаизовюрцитана, 2-метилпиримидиндион.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел				
		1	2	3	4	5
	Знать:					
1	– основные принципы выбора сырьевой базы производства ЭМ;	+				
2	– теоретические основы процессов получения исходных продуктов для производства ЭМ.	+	+	+	+	+
	Уметь:					

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел				
		1	2	3	4	5
5	– прогнозировать перспективные пути развития технологии процессов получения исходных продуктов для производства ЭМ.	+	+	+	+	+
	Владеть:					
8	– современной информацией по методам производства исходных продуктов для производства ЭМ в России и за рубежом;	+	+	+	+	+
9	– навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии.	+	+	+	+	+

№	Компетенции	Раздел					
		Введение	1	2	3	4	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:							
10	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов;	+	+	+	+	+
		ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений;	+	+	+	+	+

№	Компетенции		Раздел				
			Введение	1	2	3	4
		исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов;					
		ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объёму производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов.	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение практических занятий в курсе «Исходные продукты для ЭНС» в объёме 16 часов (0,45 зач. ед.) в 7 семестре. Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, приобретение навыков решения ряда практических задач в области исходных продуктов для энергонасыщенных материалов.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	Введение	Общие подходы к выбору сырья, доступность. Влияние технологических и ценовых факторов. Источники органического сырья и энергии.	2
2	1	Современные методы получения ароматических углеводов, каталитические реакции. Экстракция и экстрактивная ректификация. Анализ ароматических и полиароматических углеводов.	3
3	2	Методы получения замещенных углеводов. Сульфирование, хлорирование. Альтернативные схемы получения фенолов и аминов.	3
4	3	Получение олефинов, влияние сырья на выход и состав продуктов пиролиза, метатезис олефинов. Получение оксиранов, каталитические системы. Влияние условий на состав продуктов при получении полиолов и этаноламинов.	2
5	4	Источники сырья для производства нитраминов. Производство формальдегида и глиоксаля. Технология уротропина.	3
6	5	Требования к сырью для новых и перспективных ЭМ. Технология триазолона, производных гексаазаизовюрцитана, палладиевые катализаторы.	3

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 40 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- 1) регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- 2) подготовку к контрольным работам;
- 3) подготовку реферата.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение двух контрольных работ (максимальная оценка 40 баллов), реферата (максимальная оценка 20 баллов) и контрольного опроса (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Оценочные средства текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль освоения теоретических и практических разделов дисциплины, двух контрольных работ (КР), реферата (Р) и контрольного опроса (КО).

По итогам контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 100 баллов:

Вид контроля	КР №1	КР №2	Р	КО	Σ
Баллы	20	20	20	40	100

8.1.1. Перечень вопросов для контрольных работ

Контрольная работа № 1 - Сырьевая база производства ЭМ. Общие подходы к выбору сырья. Получение ароматических соединений из нефти и каменного угля. Использование замещенных ароматических углеводородов в производстве энергонасыщенных материалов.

Контрольная работа № 2 Сырье для получения нитроэфиров. Сырьевая база производства нитраминов. Сырьевая база получения новых и перспективных ЭМ.

Контрольная работа №1

1. Процессы риформинга и гидроочистки. Основные реакции, протекающие в этих процессах.
2. Роль термодинамических и кинетических факторов в процессах пиролиза и крекинга.
3. Переработка каменного угля. Краткие сведения о процессе коксования
4. Влиянии условий процесса на выход и состав ароматических углеводородов (ArH) при коксовании.
5. Основы вторичных процессов переработки нефти.
6. Выделение ArH из продуктов риформинга и пиролиза
7. Основные области использования бензола и толуола. Продукты, получаемые из них.
8. Процессы пиролиза и крекинга, их роль в получении ArH и непредельных соединений.
9. Основные реакции, протекающие в процессах пиролиза и крекинга.
10. Реакции изомеризации, циклизации, алкилирования, деалкилирования, метатезис олефинов и их использование в процессах нефтепереработки
11. Метатезис олефинов и его использование в процессах нефтепереработки
12. Получение фенола и резорцина через сульфопроизводные.
13. Получение фенола и резорцина кумольным методом.
14. Получение фенола прямым окислением бензола.
15. Получение фенола и резорцина через галогенпроизводные.
16. Электрофильные реакции, используемые в производстве исходных продуктов.
17. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях электрофильного замещения нитробензол, фенол, хлорбензол, анилин, бензол, толуол, анизол, бензойная кислота.
18. Приведите примеры (не менее чем по 3) электрофильных и нуклеофильных реакций, используемых в производстве исходных продуктов
19. Состав сырого бензола. Влияние компонентов, в него входящих, на процессы нитрования ArH. Очистка сырого бензола.
20. Очистка сырого бензола.
21. Получение диметиланилина.
22. Приведите не менее 6 реакции электрофильного замещения на примере толуола.
23. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения 1,2-нитробензол, 2,4-динитрохлорбензол, 2,4,6-тринитрохлорбензол, 3,5-динитрохлорбензол, 2,3,4-тринитротолуол.
24. Приведите не менее 6 примеров реакций взаимодействия с нуклеофильными агентами, характерных для 2,4-динитрохлорбензола.
25. Предложите схему синтеза 2,2,4,4,6,6 –гексанитродифениламина из фенола.

26. Приведите 6 примеров реакций радикального типа, характерных для ароматических углеводов.
27. Приведите не менее 6 примеров реакций электрофильного замещения, характерных для анилина.
28. Предложите схему синтеза 2- или 4-хлор-5-нитробензойной кислоты из толуола.
29. Приведите не менее 6 реакций нуклеофильного замещения на примере диметилового эфира 4-хлор-1,3-фенилдикарбоновой (изофталевой) кислоты.
30. Предложите схему синтеза 1,3-дихлор-5-нитробензола из бензола.
31. На 1-2 примерах покажите механизм нуклеофильного замещения в ArH , доказательства.
32. Предложите схему синтеза 3,5-динитроазидобензола из бензола.
33. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях электрофильного замещения нитробензол, фенол, хлорбензол, анилин, бензол, толуол.
34. Предложите схему синтеза метилового эфира п-аминобензойной кислоты из толуола.
35. Предложите схему синтеза 1,3,5-трихлорбензола из бензола.
36. Приведите не менее 6 реакций электрофильного замещения на примере бензойной кислоты.
37. Предложите схему синтеза 2-амино-4,6-динитрофенола из бензола.
38. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения 1,2,4,6-тетранитробензол, 1,3,5-тринитробензол, 1,2,4-тринитробензол, 2,4,6-тринитрофенол, 2,4,6-тринитрохлорбензол,
39. Расположите в ряд по снижению реакционной способности в электрофильных реакциях следующие соединения: бензойная кислота, нитробензол, толуол, хлорбензол, анилин, фенол.
40. Нуклеофильные агенты, общие положения, примеры, особенности строения.
41. Предложите схему синтеза 3-хлор-2,4,6-тринитротолуола из м-крезола.
42. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения 1,2-нитробензол, 2,4-динитрохлорбензол, 2,4,6-тринитрохлорбензол, 3,5-динитрохлорбензол, 2,3,4-тринитротолуол.
43. Предложите схему синтеза 1,3,5-трихлорнитрозобензола из бензола.
44. Приведите не менее 6 реакции электрофильного замещения на примере толуола.
45. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения 1,2-нитробензол, 2,4-динитрохлорбензол, 2,4,6-тринитрохлорбензол, 3,5-динитрохлорбензол, 2,3,4-тринитротолуол.
46. Предложите схему синтеза 2,4-диамино-1,3,5-тринитробензола из бензола.
47. Приведите не менее 6 примеров реакций взаимодействия с нуклеофильными агентами, характерных для 2,4-динитрохлорбензола.
48. Предложите схему синтеза 2,2,4,4,6, –гексанитродифениламина из фенола.
49. Приведите 5 примеров реакций радикального типа, характерных для ароматических углеводов
50. Предложите схему синтеза 2,2 ,4,4 ,6,6 -гексанитродифенилсульфида из бензола.
51. Приведите не менее 6 примеров реакций электрофильного замещения, характерных для анилина.
52. Предложите схему синтеза 2- или 4-хлор-5-нитробензойной кислоты из толуола.
53. Приведите не менее 6 реакций нуклеофильного замещения на примере диметилового эфира 4-хлор-1,3-фенилдикарбоновой (изофталевой) кислоты.
54. Предложите схему синтеза 1,3-дихлор-5-нитробензола из бензола.
55. Предложите схему синтеза 3,5-динитроазидобензола из бензола.
56. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях электрофильного замещения нитробензол, фенол, хлорбензол, анилин, бензол, толуол.

57. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях электрофильного замещения нитробензол, нитрофенол, хлорбензол, диметиланилин, анилин, бензол, толуол.
58. Приведите не менее 6 реакций электрофильного замещения на примере бензойной кислоты.
59. Предложите схему синтеза 2-амино-4,6-динитрофенола из бензола.
60. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения 1,2,4,6-тетранитробензол, 1,3,5-тринитробензол, 1,2,4-тринитробензол, 2,4,6-тринитрофенол, 2,4,6-тринитрохлорбензол.
61. Расположите в ряд по снижению реакционной способности в электрофильных реакциях следующие соединения: бензойная кислота, нитробензол, толуол, хлорбензол, анилин, фенол.
62. Нуклеофильные агенты, общие положения, примеры, особенности строения.
63. Предложите схему синтеза 3-хлор-2,4,6-тринитротолуола из м-крезола.
64. Приведите не менее 6 примеров радикальных реакций (желательно для ароматических соединений).
65. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения 1,2-нитробензол, 2,4-динитрохлорбензол, 2,4,6-тринитрохлорбензол, 3,5-динитрохлорбензол, 2,3,4-тринитротолуол.
66. Предложите схему синтеза 2,4-диамино-1,3,5-тринитробензола из резорцина.
67. На 1-2 примерах покажите механизм нуклеофильного замещения в AgH .
68. Предложите схему синтеза 3,5-динитроазидобензола из бензола.
69. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях электрофильного замещения нитробензол, фенол, хлорбензол, анилин, бензол, толуол.

Контрольная работа №2

1. Получение исходных продуктов синтеза динитродиаминоэтилена, схема синтеза.
2. Получение ацетамида гидрохлорида.
3. Предложите варианты получения малонового эфира.
4. Предложите варианты получения малондинитрила.
5. Получение 2-метилпиримидиндиона.
6. Исходные и промежуточные продукты при получении CL-20.
7. Получение глиоксаля.
8. Получение бензиламина.
9. Получение исходных и промежуточные продукты при получении НТО.
10. Получение семикарбазида.
11. Получение триазола.
12. Процессы получения уксусного ангидрида. Химизм процессов.
13. Процессы получения уксусной кислоты. Химизм процессов.
14. Катализаторы, используемые в процессах получения альдегидов
15. Методы получения формальдегида.
16. Товарные формы формальдегида.
17. Методы получения глиоксаля.
18. Товарные формы глиоксаля.
19. Катализаторы, используемые при получении оксиранов.
20. Катализаторы, используемые при получении формальдегида.
21. Катализаторы, используемые при получении глиоксаля.
22. Получение метанола.
23. Катализаторы используемые при получении метанола.
24. Получение олефинов, роль сырья. Основные области использования
25. Получение окисей олефинов (оксиранов).
26. Основные области использования оксиранов.
27. Реакции окисления и их использование в химии исходных продуктов.

28. Получение пентаэритрита.
29. Физические и химические свойства пентаэритрита.
30. Технология пентаэритрита. Основные примеси.
31. Получение гликолей. Химия процессов.
32. Получение гликолей. Влияние условий на состав продуктов реакции
33. Получение этаноламинов. Влияние условий на состав продуктов реакции.
34. Получение этаноламинов. Химия процессов.
35. Химия уротропина. Основные примеси.
36. Уротропин. Физические и химические свойства, технология.
37. Получение диэтиленгликоля, схема синтеза, основные свойства.
38. Получение этиленгликоля, схема синтеза, основные свойства.
39. Получение диэтиленгликоля, схема синтеза, основные свойства.
40. Получение глицерина, схема синтеза, основные свойства.
41. Получение оксида этилена, схема синтеза, основные свойства.
42. Получение оксида пропилена, схема синтеза, основные свойства.
43. Получение этаноламинов, схема синтеза диэтанолamina, основные свойства.

8.1.2. Примеры контрольных работ

Пример контрольной работы №1 (20 баллов, 7, 6 и 7)

1. Процессы риформинга и гидроочистки. Основные реакции, протекающие в этих процессах.
2. Получение фенола и резорцина через сульфопроизводные.
3. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения 1,2-нитробензол, 2,4-динитрохлорбензол, 2,4,6-тринитрохлорбензол, 3,5-динитрохлорбензол, 2,3,4-тринитротолуол.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	7	6	7	20

Пример контрольной работы №2 (20 баллов, 7, 6 и 7)

1. Исходные и промежуточные продукты при получении CL-20.
2. Товарные формы формальдегида.
3. Основные области использования оксиранов.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	7	6	7	20

8.1.3. Примерный перечень тем рефератов

1. Получение исходных и промежуточных продуктов синтеза диаминодинитроэтилена (ДАДНЭ) из производных пиримидина исходя из амидина гидорхлорида, схема синтеза, основные свойства ДАДН и полупродуктов. Предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество реагентов для получения 300 г ДАДН при выходе на стадии нитрования и гидролиза 80 и 95% соответственно.
2. Получение исходных и промежуточных продуктов синтеза диаминодинитроэтилена (ДАДНЭ) из производных имидазола исходя из амидина гидорхлорида, схема синтеза, основные свойства ДАДН и полупродуктов. Предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество реагентов для получения 250 г ДАДН при выходе на стадии нитрования и гидролиза 80 и 95% соответственно.

3. Получение исходных и промежуточных продуктов синтеза нитротриазолона (НТО) включая семикарбазид гидорхлорид, схема синтеза, основные свойства НТО и полупродуктов. Предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество реагентов для получения 500 кг НТО при выходе на стадии нитрования и 87.
4. Получение исходных и промежуточных продуктов синтеза гексанитрогексаазаизовюрцитана (ГНИВ) исходя из бензиламина и глиаксаля, схема синтеза через диформильное производное, основные свойства ГНИВ и полупродуктов. Предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 25 кг ГНИВ при выходе на стадии нитрования 98%.
5. Получение исходных и промежуточных продуктов синтеза гексанитрогексаазаизовюрцитана (ГНИВ) исходя из бензиламина и глиаксаля, схема синтеза через тетраацетильное производное, основные свойства ГНИВ и полупродуктов. Предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 25 кг ГНИВ при выходе на стадии нитрования 98%.
6. Получение бензиламина, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 50 кг бензиламина.
7. Получение глиоксаля, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 10 т продукта.
8. Получение диэтиленгликоля, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 100 кг продукта.
9. Получение пентаэритрита, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 50 кг продукта.
10. Получение глицерина, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 200 кг продукта.
11. Получение резорцина, схемы синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 10 т продукта.
12. Получение фенола, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 200 т продукта.
13. Получение оксида этилена, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 200 т продукта.
14. Получение оксида пропилена, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 90 т продукта.
15. Получение моно- и диметиланилина, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 150 т продукта.
16. Получение этаноламинов, схема синтеза диэтаноламина, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 120 т продукта.
17. Получение моно- и диметиланилина, схема синтеза диметианилина, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 120 т продукта.

18. Получение олефинов, схема синтеза этилена, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 10 т продукта.
19. Получение ацетиленов, схема синтеза, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 50 т продукта.
20. Получение бензола, схема синтеза, нефте- и коксо- химия, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 50 т продукта.
21. Получение толуола, схема синтеза, нефте- и коксо- химия, основные свойства. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 50 т продукта.
22. Получение фенола, схемы синтеза. Выберите метод, предложите блок схему процесса, рассчитайте необходимое количество сырья для получения 100 т продукта.

8.2. Оценочные средства итогового контроля освоения дисциплины

8.2.1. Перечень вопросов для итогового контрольного опроса

1. Получение исходных и промежуточных продуктов синтеза динитродиаминоэтилена и НТО, схемы синтеза.
2. Процессы риформинга и гидроочистки. Основные реакции, протекающие в этих процессах. Роль термодинамических и кинетических факторов
3. Переработка каменного угля. Краткие сведения о процессе коксования и влиянии условий процесса на выход и состав ароматических углеводородов (ArH).
4. Исходные и промежуточные продукты при получении CL-20 (включая бензиламин и глиоксаль). Схема синтеза.
5. Термодинамические основы вторичных процессов переработки нефти. Выделение ArH из продуктов риформинга и пиролиза 7
6. Получение исходных и промежуточных продуктов при получении НТО. Схема синтеза.
7. Основные области использования бензола и толуола.
8. Процессы пиролиза и крекинга, их роль в получении ArH и непредельных соединений. Основные реакции, протекающие в этих процессах. Роль термодинамических и кинетических факторов.
9. Реакции изомеризации, циклизации, алкилирования, деалкилирования метатезис олефинов и их использование в процессах нефтепереработки
10. Реакции окисления и их использование в химии исходных продуктов. Получение альдегидов и оксианов (оксидов олефинов).
11. Химия пентаэритрита. Основные примеси. Физические и химические свойства, технология.
12. Получение гликолей и этаноламинов. Химия процессов. Влияние условий на состав продуктов реакции
13. Получение фенола и резорцина через сульфопроизводные и кумольным методом.
14. Химия уротропина. Основные примеси. Физические и химические свойства, технология.
15. Электрофильные реакции используемые в производстве исходных продуктов.
16. Химия различных методов получения глицерина
17. Уксусный альдегид, уксусная кислота, уксусный ангидрид. Химия получения, товарные формы, области использования
18. Процессы риформинга и гидроочистки. Основные реакции, протекающие в этих процессах. Роль термодинамических и кинетических факторов

19. Переработка каменного угля. Краткие сведения о процессе коксования и влиянии условий процесса на выход и состав ароматических углеводородов (ArH).
20. Основы вторичных процессов переработки нефти. Выделение ArH из продуктов риформинга и пиролиза
21. Основные области использования бензола и толуола. Продукты, получаемые из них.
22. Процессы пиролиза и крекинга, их роль в получении ArH и непредельных соединений. Основные реакции, протекающие в этих процессах. Роль термодинамических и кинетических факторов.
23. Реакции изомеризации, циклизации, алкилирования, деалкилирования, метатезис олефинов и их использование в процессах нефтепереработки
24. Получение фенола и резорцина через сульфопроизводные и кумольным методом.
25. Электрофильные реакции, используемые в производстве исходных продуктов.
26. Катализаторы, используемые в процессах гидрирования (восстановление нитросоединений, стадия дебензилирования при получении CL-20)
27. Процессы первичной переработки нефти, их роль в промышленном получении ArH
28. Расположите в ряд по реакционной способности в реакциях электрофильного замещения нитробензол, фенол, хлорбензол, анилин, бензол, толуол, анизол, бензойная кислота.
29. Приведите примеры (не менее чем по 3) электрофильных и нуклеофильных реакций, используемых в производстве исходных продуктов
30. Процессы риформинга и гидроочистки. Основные реакции протекающие в этих процессах. Роль термодинамических и кинетических факторов.
31. Состав сырого бензола. Влияние компонентов, в него входящих, на процессы нитрования ArH. Очистка сырого бензола.
32. Получение диметиланилина.
33. Получение исходных и промежуточных продуктов синтеза динитродиаминоэтилена, схема синтеза.
34. Исходные и промежуточные продукты при получении CL-20 (включая бензиламин и глиоксаль). Схема синтеза.
35. Получение исходных и промежуточные продукты при получении НТО. Схема синтеза.
36. Процессы получения уксусного ангидрида. Химизм процессов.
37. Процессы получения уксусной кислоты. Химизм процессов.
38. Катализаторы, используемые в процессах получения альдегидов (формальдегид, глиоксаль, уксусный альдегид).
39. Методы получения глиоксаля и формальдегида. Используемые катализаторы. Товарные формы формальдегида.
40. Исходные и промежуточные продукты получения динитродиаминоэтилена (FOX-7, ДАДНЭ), схема синтеза.
41. Получение олефинов, роль сырья. Основные области использования
42. Получение окисей олефинов (оксиранов). Основные области использования
43. Реакции окисления и их использование в химии исходных продуктов.
44. Химия пентаэритрита. Основные примеси. Физические и химические свойства, технология.
45. Получение гликолей и этаноламинов. Химия процессов. Влияние условий на состав продуктов реакции
46. Химия уротропина. Основные примеси. Физические и химические свойства, технология.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.2.2. Структура и пример задания для контрольного опроса

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме контрольного опроса. Контрольный опрос по дисциплине «Исходные продукты для ЭНС» включает вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Задание состоит из 3 вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины. Вопросы предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответ на первые два вопроса билета оценивается по 14 баллов, третий – 12 баллов. Суммарная максимальная оценка 40 баллов. Общая оценка освоения дисциплины складывается из оценок за контрольные работы, реферат и контрольный опрос. Максимальная оценка знаний – 100 баллов.

Пример контрольного задания:

1. Переработка каменного угля. Краткие сведения о процессе коксования и влиянии условий процесса на выход и состав ароматических углеводородов.
2. Химия уротропина. Основные примеси. Физические и химические свойства, технология.
3. Исходные и промежуточные продукты при получении CL-20 (включая бензиламин и глиоксаль). Схема синтеза.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Бардик, Доналд Л. Нефтехимия [Текст] / Доналд Л. Бардик. - М. : ОЛИМП-БИЗНЕС, 2015. - 481 с.
2. Збарский, В. Л. Толуол и его нитропроизводные / В.Л. Збарский, В.Ф. Жилин. - М. : Эдиториал УРСС., 2000. - 272 с.
3. Орлова Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ / –Л.: Химия, 1981. –312 с. (базовый учебник).

Б. Дополнительная литература:

1. Лебедев Н.Н., Манаков М.Н., Швец В.Ф. Теория химических процессов основного органического и нефтехимического синтеза. 2-е изд. -М.: Химия 1984. -376 с.
2. Тимофеев В.С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. - М. : Высш. шк., 2003. - 536 с.
3. Химия энергоемких соединений. Книга 2. N-, O-нитросоединения, фуросаны, фуразаны, азиды, диазосоединения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.П. Шарнин [и др.]. – Электрон. дан. – Казань: КНИТУ, 2011. – 376 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73486>.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал «Боеприпасы» ISSN 2073-6649
- Журнал «Боеприпасы и спецхимия» ISSN 1995-154X
- Журнал «Боеприпасы и высокоэнергетические конденсированные системы» ISSN: 1999-6500
- Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087
- Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822
- International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678

- Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- слайды и компьютерные презентации лекций — банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);
- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);
- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. Информационно-библиотечный центр обеспечивает самостоятельную работу студентов в читальных залах, предоставляя широкий выбор литературы по актуальным направлениям, а также обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Исходные продукты для ЭНС» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и

учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Макеты и технологические схемы.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение.	<i>Знает:</i> - основные принципы выбора сырьевой базы производства ЭМ.	Оценка за контрольный опрос.
Раздел 1.	<i>Знает:</i> - основные принципы выбора сырьевой базы производства ЭМ; <i>Умеет:</i> - прогнозировать перспективные пути развития технологии процессов получения исходных продуктов для производства ЭМ; <i>Владеет:</i> - современной информацией по методам производства исходных продуктов для производства ЭМ в России и за рубежом; - навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии.	Оценка за контрольную работу; оценка за реферат, оценка за контрольный опрос.
Раздел 2.	<i>Знает:</i> - основные принципы выбора сырьевой базы производства ЭМ; <i>Умеет:</i> - прогнозировать перспективные пути развития технологии процессов получения исходных продуктов для производства ЭМ; <i>Владеет:</i> - современной информацией по методам производства исходных продуктов для производства ЭМ в России и за рубежом; - навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии.	Оценка за контрольную работу; оценка за реферат, оценка за контрольный опрос.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 3.	<i>Знает:</i> - основные принципы выбора сырьевой базы производства ЭМ; <i>Умеет:</i> - прогнозировать перспективные пути развития технологии процессов получения исходных продуктов для производства ЭМ; <i>Владеет:</i> - современной информацией по методам производства исходных продуктов для производства ЭМ в России и за рубежом; - навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии.	Оценка за контрольную работу; оценка за реферат, оценка за контрольный опрос.
Раздел 4.	<i>Знает:</i> - основные принципы выбора сырьевой базы производства ЭМ; <i>Умеет:</i> - прогнозировать перспективные пути развития технологии процессов получения исходных продуктов для производства ЭМ; <i>Владеет:</i> - современной информацией по методам производства исходных продуктов для производства ЭМ в России и за рубежом; - навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии.	Оценка за контрольную работу; оценка за реферат, оценка за контрольный опрос.
Раздел 5.	<i>Знает:</i> - основные принципы выбора сырьевой базы производства ЭМ; <i>Умеет:</i> - прогнозировать перспективные пути развития технологии процессов получения исходных продуктов для производства ЭМ; <i>Владеет:</i> - современной информацией по методам производства исходных продуктов для производства ЭМ в России и за рубежом; - навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии.	Оценка за контрольную работу; оценка за реферат, оценка за контрольный опрос.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Исходные продукты для энергонасыщенных соединений»
основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»
код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»
наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Научно-исследовательский практикум»

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

к.т.н., профессором кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,
Серушкиным В.В.,

д.х.н., профессором кафедры «Химической технологии органических соединений азота»
Синдицким В.П.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота « 30 » мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	9
3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
3.1. Разделы дисциплины и виды занятий	10
3.2. Содержание разделов дисциплины.....	10
4. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
5. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	15
5.1. Практические занятия	15
5.2. Лабораторные занятия	15
6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	16
7. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
7.1. Примеры вопросов для текущего контроля освоения дисциплины	17
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
8.1. Рекомендуемая литература	17
8.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации	18
8.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	18
9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	18
10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	19
10.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:.....	19
10.2. Учебно-наглядные пособия:	20
10.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	20
10.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:.....	20
10.5. Перечень лицензионного программного обеспечения	20
11. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	21
12. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ..	23

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Научно-исследовательский практикум» относится к формируемой участниками образовательных отношений части дисциплин учебного плана, Б1.В.06.

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общетеоретических курсов физической химии, физики, математики, а также профилирующих курсов: «Основы технологий ЭНМ и изделий» и «Химия энергонасыщенных соединений», «Химическая физика ЭНМ», «Химия гетероциклических соединений азота». Знания, полученные при изучении дисциплины, являются основой для последующего выполнения учебной научно-исследовательской работы, а также выпускной квалификационной работы.

Целью дисциплины «Научно-исследовательский практикум» – является формирование у студентов навыков научно-исследовательской работы с использованием современных методов получения и исследования специальных свойств энергонасыщенных материалов, с применением современных методов физико-химического анализа для изучения и обнаружения этих соединений и продуктов их превращения.

Основными задачами дисциплины является:

- ознакомление с принципами организации научных исследований в области синтеза, технологии, изучения физико-химических и специальных свойств взрывчатых веществ;
- получение сведений о новых (перспективных) методах синтеза, передовых технологиях и методах исследования, находящихся на стадии разработки;
- овладение основами использования современных методов физико-химического анализа:
 - а) для решения задач развития и совершенствования технологии и применения энергосодержащих материалов;
 - б) для обнаружения и количественного определения состава энергосодержащих материалов при несанкционированных взрывах и террористических актах.

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
- Участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее - НИОКР), направленных на совершенствование получения и использования энергонасыщенных материалов и изделий и изучение их свойств; - разработка программ, методик, технических средств для проведения исследований свойств существующих и новых энергонасыщенных материалов и изделий; - обработка и анализ результатов экспериментальных исследований, формулирование выводов, подготовка отчетов и публикаций о результатах исследований, защита интеллектуальной собственности;	Индивидуальные и смесевые энергонасыщенные материалы и изделия на их основе; расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений,	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований. ПК-1.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; использовать современное оборудование и приборы для проведения необходимых экспериментальных исследований; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада.	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. В /02.6. Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
- участие во внедрении результатов НИОКР; - поиск и анализ научно-технической информации в области энергонасыщенных материалов и изделий с целью научно-практической и патентной поддержки проводимых исследований.		формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований		
		ПК- 4 Способен разрабатывать инновационные методики и программы проведения исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний	ПК-4.1 Знает основные методы, использующиеся при проведении исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; физико-химические основы возникновения и развития самораспространяющихся процессов горения и детонации и методы расчёта их параметров; физические основы взрыва в различных средах; методы создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергонасыщенных смесевых материалов от природы и соотношения компонентов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. В /02.6. Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
			ПК-4.2 Умеет теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов; предлагать и решать задачи, связанные с проведением исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик; ПК-4.3 Владеет методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений; основными экспериментальными методами синтеза, анализа энергонасыщенных соединений, комплексного исследования их физико-химических и взрывчатых свойств.	

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

Знать:

- основные принципы организации научно-исследовательских работ, этапы при их выполнении;
- существующий арсенал физико-химических методов исследования и анализа, используемый при выполнении научной работы в области химии, технологии и исследования свойств энергонасыщенных соединений;
- новые методы введения нитро- и других энергоемких групп, широко применяемые в лабораторной практике;

Уметь:

- использовать полученные знания для решения конкретных задач синтеза энергоемких материалов с заданными свойствами, при разработке технологии их получения, при определении основных физических, аналитических и специальных характеристик энергонасыщенных материалов.

Владеть:

- методами поиска информации в области энергонасыщенных материалов (справочные издания, энциклопедии, электронные базы данных);
- методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных соединений.

2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	6	216	162
Контактная работа – аудиторные занятия:	2.9	104	78
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2.33</i>	<i>84</i>	<i>63</i>
Лекции	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	-	-	
Лабораторные занятия (ЛЗ)	2.9	112	78
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	2.33	84	63
Самостоятельная работа	3.1	104	78
Контактная самостоятельная работа	3.1	0.2	0.15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		103.8	77.85
Экзамен	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-
Подготовка к экзамену		-	-
Вид контроля:	Зачет		

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Аудиторная работа (ЛР)	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Раздел 1. Выполнение научно-исследовательского практикума	216	84	104	84	112
1.1	Методы сбора информации для обеспечения научно-исследовательской работы	28		8		20
1.2	Физико-химические методы исследования энергонасыщенных материалов	32	8	12	8	20
1.3	Новые тенденции в исследовании специальных свойств энергосодержащих материалов	32	8	12	8	20
1.4	Новые направления в синтезе и технологии энергонасыщенных соединений	32	8	12	8	20
1.5	Индивидуальная научно-исследовательская работа	92	60	60	60	32
	ИТОГО	216	84	104		112

3.2. Содержание разделов дисциплины.

Раздел 1. Выполнение научно-исследовательского практикума

1.1 Методы сбора информации для обеспечения научно-исследовательской работы

Общие требования к информации, необходимой для обеспечения научно-исследовательской работы: должна строго соответствовать поставленной задаче, носить исчерпывающий характер, охватывать последние достижения в данной области.

Основные источники информации: периодические издания, справочники, электронные базы данных.

Общие источники информации:

Реферативные журналы.

Отечественные специализированные журналы и издания, публикующие материалы по тематике кафедры: «Боеприпасы и спецхимия», «Химическая физика», «Кинетика и катализ», «Химическая технология», «Известия РАН. Серия химическая», «Химия гетероциклических соединений», «Журнал органической химии» и др. Труды конференций по горению и детонации.

Иностранные специализированные журналы и издания, публикующие материалы по тематике кафедры: «Propellants, Explosives, Pyrotechnics», «Journal of the Hazardous Materials», «Journal of the Energetic Materials», «Combustion and Flame», «Thermochimica Acta» и др.

Справочники и энциклопедии:

1. Encyclopedia of explosives and related items /Под ред. В.Т. Fedoroff , О.Е. Sheffield// US army research and development command TACOM, ARDEC. Warheads, energetics and combat support centr. Picatinni Arsenal, New Jersey, USA. –1960. –V.1. –799 p. —1962. –V.2. –645 p.– 1966. –V. 3. –558 p. –1969. –V. 4. –1029 p. –1972. –V.5. –784 p.– 1974.. –V.6. –840 p. – 1975. –V.7. –637 p. –1978. –V.8. –1005 p. –1980. –V.9. – 911 p. – 1983. – V. 10. –783 p.

2. Энергетические конденсированные системы /Краткий энциклопедический словарь.// М. Янус-К, 1999. –595 с.

3. Beilsteins Handbuch der Organische Chemie.

Электронные базы данных:

1. База данных по термодинамическим свойствам энергонасыщенных материалов Франкхверского института химической технологии (ICT).

2. База данных по свойствам и стационарному горению энергонасыщенных материалов - FLAME (PXTY им Д.И.Менделеева).

3. База данных по чувствительности энергонасыщенных материалов к различного рода механическим воздействиям – HAZARD (PXTY им. Д.И.Менделеева).

1.2. Физико-химические методы исследования энергонасыщенных материалов

Краткая характеристика возможностей каждого из содержащихся в программе метода физико-химического анализа.

Использование ИК-спектроскопии для идентификации энергонасыщенных соединений. Характеристические частоты основных энергосодержащих групп: NO₂, NO, N₃ и др. Влияние атома, связанного с нитрогруппой, на положение этих частот – различие в полосах симметричных и антисимметричных колебаний С-нитросоединений, N-нитросоединений, нитроэфиров, гемдинитросоединений. ИК-спектры полиазотистых гетероциклов.

Использование метода УФ-спектрометрии для исследования кинетики нитрования и ряда других реакций синтеза энергонасыщенных соединений. Влияние нитрогруппы и других энергоемких групп на смещение максимума поглощения изучаемых соединений.

Использование методов газо-жидкостной и высокоэффективной жидкостной хроматографии для анализа и идентификации энергонасыщенных соединений и их смесей. Особенности анализа этого класса соединений.

Использование методов дифференциальной сканирующей калориметрии, термогравиметрии для определения термодинамических характеристик и анализа энергонасыщенных материалов.

Использование методов ПМР- и ЯМР-спектроскопии для идентификации и установления структуры энергонасыщенных соединений. Влияние эксплозифорных групп на химсдвиг протонов и других атомов.

Методы концентрирования следовых количеств энергонасыщенных материалов, присутствующих в парах и в твердой фазе. Методы определения и обнаружения этих соединений при низких концентрациях.

1.3 Новые тенденции в исследовании специальных свойств энергосодержащих материалов

а) Термопарный метод исследования структуры волны горения.

б) Исследование нестационарного горения при изменяющемся давлении.

в) Исследование температурной чувствительности скорости горения.

г) Исследование тепловых эффектов взрывчатого превращения энергонасыщенных материалов, состава конденсированных и газообразных продуктов взрыва.

1.4 Новые направления в синтезе и технологии энергонасыщенных соединений

Использование солей нитрония, смесей уксусного ангидрида с азотной кислотой (при большом избытке азотной кислоты), серно-азотных кислотных смесей (с низким содержанием серной кислоты и высоким азотной) при нитровании азотсодержащих гетероциклических соединений.

Каталитические процессы в химии нитросоединений. Реакции нитрования в присутствии твердого катализатора. Сверхкислотные катализаторы. Влияние структуры катализатора на изомерный состав продуктов нитрования.

1.5 Индивидуальная научно-исследовательская работа

Тематика индивидуальных научно-исследовательских работ (ИНИР) определяется основными научными направлениями работы кафедры и включает исследования по синтезу, технологии, процессам горения и детонации и каталитическим процессам в химии энергонасыщенных соединений.

4. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1				
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Знать:					
- основные принципы организации научно-исследовательских работ, этапы при их выполнении;	+				+
- существующий арсенал физико-химических методов исследования и анализа, используемый при выполнении научной работы в области химии, технологии и исследования свойств энергонасыщенных соединений;		+	+		+
- новые методы введения нитро- и других энергоемких групп, широко применяемые в лабораторной практике.				+	
Уметь:					
- использовать полученные знания для решения конкретных задач синтеза энергоемких материалов с заданными свойствами, при разработке технологии их получения, при определении основных физических, аналитических и специальных характеристик энергонасыщенных материалов.		+	+	+	+
Владеть:					
- методами поиска информации в области энергонасыщенных материалов (справочные издания, энциклопедии, электронные базы данных);	+				
- методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных соединений.		+	+		+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции:		Раздел				
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Профессиональные компетенции:						
ПК-1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований	+		+	+	+
	ПК-1.2 Знает теоретические основы современных методов исследования химических, физико-химических, взрывчатых свойств энергонасыщенных материалов	+	+	+	+	+
ПК- 4 Способен разрабатывать инновационные методики и программы проведения исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых	ПК-4.1 Знает основные методы, используемые при проведении исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; физико-химические основы	+		+		+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции:		Раздел				
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
материалов, их испытаний	возникновения и развития самораспространяющихся процессов горения и детонации и методы расчёта их параметров; физические основы взрыва в различных средах; методы создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергонасыщенных смесевых материалов от природы и соотношения компонентов					
	ПК-4.2 Умеет теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов; предлагать и решать задачи, связанные с проведением исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции:		Раздел				
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
	ПК-4.3 Владеет методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений; основными экспериментальными методами синтеза, анализа энергонасыщенных соединений, комплексного исследования их физико-химических и взрывчатых свойств	+	+	+	+	+

5. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

5.1. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине не предусмотрены.

5.2. Лабораторные занятия

Выполнение научно-исследовательского практикума заключается в подробном ознакомлении обучающихся с современными методами получения и исследования специальных свойств энергонасыщенных материалов, с применением современных методов физико-химического анализа для изучения и обнаружения этих соединений и продуктов их превращения. Ознакомление с данными методами проводится в ходе выполнения индивидуальных научно-исследовательских работ (ИНИР) в лабораториях кафедры. Тематика ИНИР определяется основными научными направлениями работы кафедры и включает исследования по синтезу, технологии, процессам термического разложения, горения и детонации, каталитическим процессам в химии энергонасыщенных соединений.

Примерный перечень направлений НИИР

1. Использование различных нитрующих систем при нитровании азотсодержащих гетероциклических соединений.
2. Использование ИК-спектроскопии для идентификации и определения строения энергонасыщенных соединений.
3. Использование методов газо-жидкостной и высокоэффективной жидкостной хроматографии, масс-спектроскопии для анализа и идентификации энергонасыщенных соединений и их смесей.
4. Использование методов ПМР- и ЯМР-спектроскопии для идентификации и установления структуры энергонасыщенных соединений.
5. Использование метода УФ-спектрометрии для исследования кинетики нитрования и ряда других реакций синтеза энергонасыщенных соединений.
6. Использование методов дифференциальной сканирующей калориметрии, термогравиметрии для определения кинетических параметров термораспада энергонасыщенных материалов.
7. Определение закономерностей горения энергонасыщенных материалов в широком диапазоне давления.
8. Определение структуры волны горения энергонасыщенных материалов с помощью микротермопарного метода.
9. Исследование температурной чувствительности скорости горения энергонасыщенных материалов.
10. Исследование тепловых эффектов взрывчатого превращения энергонасыщенных материалов, состава конденсированных и газообразных продуктов взрыва.
11. Определение параметров детонации энергонасыщенных материалов.

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 112 академических часов. Самостоятельная работа предусматривает следующие виды:

1. поиск и изучение научно-технической информации по теме индивидуального задания;
2. составление краткого обзора литературы по теме исследования индивидуального задания;
3. обработка, анализ, интерпретация, обобщение экспериментальных результатов.

7. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценочные средства по НИР предназначены для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы, в том числе рабочей программы Научно-исследовательский практикум, а также для оценивания результатов обучения: знаний, умений, владений и уровня приобретенных компетенций. Комплект оценочных средств по дисциплине Научно-исследовательский практикум включает:

– оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в форме контрольного (устного) опроса, позволяющего оценивать и диагностировать знание фактического материала, умение правильно использовать специальные термины и понятия, планировать и выполнять научное исследование в соответствии с индивидуальным заданием.

7.1. Примеры вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль проводится в форме контрольных устных опросов по теме индивидуального задания. Максимальная оценка за каждый опрос – 50 баллов. По результатам контрольных опросов проставляется зачет.

Контрольный опрос №1

Максимальная оценка – 50 баллов

- Актуальность выполняемой работы.
- Предоставление краткого обзора литературных источников по теме индивидуального задания.
- Представление программы выполнения индивидуального задания.
- Обоснование выбора и характеристика применяемых методик исследования.
- Предполагаемые научные и практические результаты выполняемого задания.

Контрольный опрос №2

Максимальная оценка – 50 баллов

- Контроль выполнения программы индивидуального задания.
- Анализ полученных экспериментальных результатов.
- Соответствие полученных результатов программе исследования.
- Качество оформления лабораторного журнала.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Мельников Н.О., Шушпанов А.Н. Проведение научных исследований и подготовка отчетов. [Текст]: учебное пособие / М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021, 92 с.
2. Налетов А. Ю. Основы научных исследований и проектирования [Текст]: методические указания по выполнению курсового проекта / М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012, 11 с.
3. Синдицкий В.П., Серушкин В.В. Термическое разложение энергетических материалов. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2012, 152 с.
4. Серушкин В.В., Синдицкий В.П. Термодинамика процессов горения и детонации. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2012, 112 с.
5. Синдицкий В.П., Егоршев В.Ю., Березин М.В., Серушкин В.В. Методы исследования горения энергетических материалов. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2010, 104 с.
6. Илюшин М.А., Савенков Г.Г., Мазур А.С. Промышленные взрывчатые вещества: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 200 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/95133>

Б. Дополнительная литература:

1. Жилин В.Ф., Збарский В.Л., Юдин Н.В. Малочувствительные взрывчатые вещества: учеб. пособие. М.: РХТУ, 2008. –170с. (базовый учебник).
2. Б.Н. Кондриков "Химическая термодинамика горения и взрыва." МХТИ, 1980, 80 стр.
3. Б.Н. Кондриков "Детонация." МХТИ, 1980, 80 стр.

4. К.К. Андреев, А.Ф. Беляев "Теория ВВ", М., "Оборонгиз", 1963.
5. К.К. Андреев Термическое разложение и горение взрывчатых веществ. - М.: Наука, 1966.-346с.
6. Д.А. Франк-Каменецкий "Диффузия и теплопередача в химической кинетике." М., "Наука", 1987, 491 стр.
7. Манелис Г.Б., Назин Г.М., Рубцов Ю.И., Струнин В.А. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ и порохов. -М., Наука, 1996, 223с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_524#1

8.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Физика горения и взрыва. ISSN: 0430-6228
 Химическая физика. ISSN (print): 0207-401X
 Горение и взрыв. ISSN: 2305-9117
 Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087
 Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822
 Thermochimica Acta. ISSN: 0040-6031
 Combustion and Flame. ISSN: 0010-2180
 International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678
 Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843
 Химия гетероциклических соединений ISSN 0132-6244
 Известия Академии наук. Серия химическая ISSN 0002-3353
 Боеприпасы и спецхимия ISSN 1995-154X
 Кинетика и катализ ISSN 0453-8811
 Журнал органической химии ISSN 0514-7492
 Journal of the American Chemical Society ISSN 0002-7863 (print), 1520-5126 (web)
 Tetrahedron ISSN 0040-4020
 European Journal of Organic Chemistry ISSN 1434-193X (print), 1099-0690 (web)
 Asian Journal of Organic Chemistry ISSN: 2193-5807

8.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для проведения научно-исследовательской работы используются оборудование, экспериментальные установки, компьютеры и программное обеспечение кафедр ХТОСА и ХТВМС.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- файлообменная система Google Диск – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);
- электронная почта преподавателей и студентов.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной

литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Научно-исследовательский практикум» проводятся в научных лабораториях кафедры ХТОСА РХТУ им. Д.И. Менделеева.

10.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Для выполнения научно-исследовательской работы используется оборудование, приборы и экспериментальные установки кафедры:

- установки для определения термической стойкости, химической и термодинамической совместимости энергонасыщенных материалов 1) изотермические установки с манометрами типа «Бурдон» в комплекте с термостатами, вакуумными установками, измерительными ртутными манометрами; 2) ДСК/ТГА/ДТА анализатор Mettler Toledo, ДСК DTAS 1300; 3) лабораторные установки для определения температуры вспышки;

- установки для исследования процессов горения энергонасыщенных материалов: 1) установка (бомба) постоянного давления БПД-400 с окнами для оптической регистрации процесса горения, компрессоры высокого давления, манометры, датчики давления тензометрические; высокоскоростные цифровые видеокамеры; 2) оборудование для определения распределения температуры в волне горения ЭМ с помощью микротермопар, включающее установку для сварки термопар, вальцы для прокатывания термопар, набор пресс-инструментов для внедрения микротермопар в заряды ЭМ, регистрирующую аппаратуру (цифровой запоминающий 12 разрядный осциллограф ACD-212, компьютер) и программное обеспечение для обработки и анализа данных;

- установка для исследования процессов детонации топлив и высокоэнергетических веществ: взрывные камеры с возможностью подрыва до 100 г. взрывчатого вещества в тротиловом эквиваленте, электромагнитная методика определения параметров детонации в комплекте с регистрирующей аппаратурой (цифровой запоминающий осциллограф, компьютер, программное обеспечение);

- установки для определения термохимических свойств ЭМ: 1) «бомба Бихеля» для определения продуктов и теплоты взрывчатого превращения; 2) калориметрическая бомба и калориметр В-08М для определения теплоты сгорания, энтальпии образования, теплоты взрывчатого превращения, состава продуктов взрывчатого превращения; 3) газовый хроматограф для определения состава продуктов сгорания/взрывчатого превращения;

- установки для определения чувствительности энергонасыщенных материалов к различным внешним воздействиям: копры К-44-II и К-44-I для определения чувствительности к удару; копер К-44-III для определения чувствительности к трению;

- вытяжные шкафы, химические столы, лабораторная посуда, защитные маски, сушильный шкаф КВС-100-250, весы аналитические лабораторные со встроенной калибровкой, весы технические ВЛТЭ-250, весы электронные SCOUTS C-2020, весы аналитические OHAUS Analytical Plus, микроскопы МБС, аквадистиллятор ДЭ-4-2М, установки для титрования, термостаты, верхнеприводные и магнитные мешалки, химические реактивы, морозильная камера «Стинол», приборы для определения температуры плавления, колбонагреватели, бани электрические, пластины для тонкослойной хроматографии (силикагель);

- газо-жидкостной хромато-масс-спектрометр Trace 1310/ISQ;

- жидкостной хромато-масс-спектрометр Ultimate 3000/Fleet LT;

- хроматограф Милихром-4 УФ-спектрометр Specord M 40;

- УФ-спектрометр ПЭ-6100УФ;

- ИК спектрометр Avatar-360FTIR.

10.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебно-наглядные пособия при выполнении научно-исследовательских работ не используются.

10.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

10.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине.

10.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное /вспомогательное ПО)

11. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Выполнение научно-исследовательского практикума. 1.1 Методы сбора информации для обеспечения научно-исследовательской работы.	<i>Знает:</i> основные принципы организации научно-исследовательских работ, этапы при их выполнении <i>Владеет:</i> методами поиска информации в области энергонасыщенных материалов (справочные издания, энциклопедии, электронные базы данных).	Оценка за контрольные опросы №1,2.
1.2 Физико-химические методы исследования энергонасыщенных материалов.	<i>Знает:</i> существующий арсенал физико-химических методов исследования и анализа, используемый при выполнении научной работы в области химии, технологии и исследования свойств энергонасыщенных соединений. <i>Умеет:</i> использовать полученные знания для решения конкретных задач синтеза энергоемких материалов с заданными свойствами, при разработке технологии	Оценка за контрольные опросы №1,2.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	их получения, при определении основных физических, аналитических и специальных характеристик энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных соединений.	
1.3 Новые тенденции в исследовании специальных свойств энергосодержащих материалов	<i>Знает:</i> существующий арсенал физико-химических методов исследования и анализа, используемый при выполнении научной работы в области химии, технологии и исследования свойств энергонасыщенных соединений. <i>Умеет:</i> использовать полученные знания для решения конкретных задач синтеза энергоемких материалов с заданными свойствами, при разработке технологии их получения, при определении основных физических, аналитических и специальных характеристик энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных соединений.	Оценка за контрольные опросы №1,2.
1.4 Новые тенденции в исследовании специальных свойств энергосодержащих материалов	<i>Знает:</i> новые методы введения нитро- и других энергоемких групп, широко применяемые в лабораторной практике. <i>Умеет:</i> использовать полученные знания для решения конкретных задач синтеза энергоемких материалов с заданными свойствами, при разработке технологии их получения, при определении основных физических, аналитических и специальных характеристик энергонасыщенных материалов.	Оценка за контрольные опросы №1,2.
1.5 Индивидуальная научно-исследовательская работа	<i>Знает:</i> основные принципы организации научно-исследовательских работ, этапы при их выполнении; существующий арсенал физико-химических методов исследования и анализа, используемый при выполнении научной работы в области химии, технологии и исследования свойств	Оценка за контрольные опросы №1,2.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	энергонасыщенных соединений. <i>Умеет:</i> использовать полученные знания для решения конкретных задач синтеза энергоемких материалов с заданными свойствами, при разработке технологии их получения, при определении основных физических, аналитических и специальных характеристик энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных соединений.	

12. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Научно-исследовательский практикум»

основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы технологий энергонасыщенных материалов и изделий»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024

Программа составлена:

к.х.н., доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,
Левшенковым А.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	7
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	8
4.2. Содержание разделов дисциплины.	14
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	17
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	20
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	20
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины	21
8.2. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины.....	23
8.3. Структура и пример экзаменационных билетов.....	25
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	25
9.1. Рекомендуемая литература	25
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.....	26
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	26
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	26
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	27
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:	27
11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	27
11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	27
11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения	27
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	28
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	34

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Основы технологий энергонасыщенных материалов (ЭНМ) и изделий» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана Б1.В.ДВ.01.01.

Цель дисциплины – ознакомление обучающихся с общими принципами создания и современными требованиями к энергонасыщенным материалам, используемых в режиме горения – жидких и твердых ракетных топлив (ЖРТ и ТРТ), порохов ствольных систем, газогенерирующих топлив, топлив специального назначения, а также пиротехнических составов (ПС), с их компонентной базой, составом, технологиями получения, основными характеристиками и методами их регулирования, а также с областями их использования в военных и мирных целях.

Основные задачи дисциплины:

- сформировать чёткие представления об энергонасыщенных материалах, используемых в режиме горения: их составе, структуре, технологиям получения, комплексе требований, основных характеристиках и областях применения;
- дать представления о современном состоянии и перспективных направлениях создания энергонасыщенных материалов, используемых в режиме горения.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные и профессионально-специальные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции;	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов	26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: разработки, проектирования, наладки, эксплуатации и совершенствования средств, методов получения и способов применения энергонасыщенных материалов и изделий; промышленного и опытного производства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов, исходных и промежуточных продуктов для их получения; промышленного и опытного производства изделий на основе энергонасыщенных материалов; эксплуатации и хранения энергонасыщенных материалов; надзора в области промышленной безопасности при получении и

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
контроль над соблюдением технологической дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.			различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов. ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	использовании энергонасыщенных материалов и изделий). Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- классификацию, требования, правила компоновки ЭНМ, используемых в режиме горения;
- теоретические основы работы и основные принципы устройства жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, ствольных систем, газогенераторов, МГД-генераторов;
- требования к компонентам ЭНМ, используемых в режиме горения, их классификацию, свойства применяемых и перспективных компонентов, методы их получения;
- основные характеристики ЭНМ, используемых в режиме горения и пути их регулирования;
- взаимосвязь характеристик ЭНМ используемых в режиме горения, и снаряжаемых ими устройств с областью их применения;

Уметь:

- анализировать информацию об ЭНМ используемых в режиме горения, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения;
- прогнозировать пути совершенствования ЭНМ, используемых в режиме горения в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения;

Владеть:

- современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения и характеристикам ЭНМ, используемых в режиме горения в России и за рубежом;
- навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения ЭНМ, используемых в режиме горения, прогнозированием перспектив применения новых компонентов, рецептур и технологий.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Всего		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1.33	48	36
Лекции (Лек)	0.89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0.44	16	12
Самостоятельная работа:	1.67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,7	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		30	22,5
Реферат		30	22,5
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид контроля:	Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	Самостоя- тельная работа
1	Раздел 1. Введение	2	1			1
1.1	Цели, задачи и основные разделы дисциплины. Значение дисциплины для подготовки специалистов в области химии, технологии и применения энергетических материалов. Связь дисциплины с общетеоретическими и специальными дисциплинами. Классификация энергетических материалов, используемых в режиме горения. Типы реактивных двигателей и топлив, области их применения. Современное состояние ракетной техники в России и за рубежом.	2	1			1
2	Раздел 2. Требования к ракетным топливам. Энергетические характеристики	5	1	2		2
2.1	Требования к ракетным топливам. Удельный импульс как основная энергетическая характеристика ракетных топлив – физический смысл, зависимость от различных факторов, его потери, пути их снижения. Связь характеристик топлива и ракеты через величину удельного импульса.	5	1	2		2
3	Раздел 3. ЖРД и ЖРТ	10	4	2		4
3.1	Основные исторические этапы создания ЖРД. Принципы устройства ЖРД, классификация ЖРТ. Окислители и горючие ЖРД. Выбор среди соединений различных классов.	3	2			1
3.2	Применяемые окислители и горючие ЖРД: свойства, способы получения, достоинства, недостатки. Самовоспламеняющиеся топлива, гибридные топлива.	3	1			2

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	Самостоя- тельная работа
3.3	Однокомпонентные топлива, жидкие пороха. Энергетические характеристики ЖРТ. Зависимость областей применения ЖРТ от их свойств.	4	1	2		1
4	Раздел 4. Высокомолекулярные соединения	14	6	2		6
4.1	Классификация полимеров по химическому строению. Молекулярно-массовое и молекулярно-числовое распределение. Конфигурация макромолекул. Надмолекулярная структура полимеров.	2	1			1
4.2	Внутримолекулярные перегруппировки и полимераналогичные превращения. Сшивание и отверждение полимеров. Химическая и физическая деструкция, стабилизация полимеров.	2	1			1
4.3	Получение полимеров. Радикальная полимеризация. Ионная и ионно-координационная полимеризация. Поликонденсация. Сходства и различия полимеризации и поликонденсации. Методы организации процессов.	3	2			1
4.4	Физические и фазовые состояния полимеров, термомеханическая кривая. Релаксационные процессы в полимерах, гистерезис.	2	1			1
4.5	Истинные и коллоидные растворы полимеров. Пластификация и наполнение полимеров. Технология полимерных материалов.	5	1	2		2
5	Раздел 5. Компонентная база ТРТ	15	6	4		5
5.1	Сравнение жидких и твердых ракетных топлив. Области применения ракет с ЖРД и РДТТ. Основные исторические этапы развития РТ и РД. Классификация ТРТ по составу. Основные типы компонентов метательных ВВ, требования к ним.	2	1			1

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	Самостоя- тельная работа
5.2	Окислители ТРТ. Требования, выбор среди органических и неорганических соединений. Перхлораты аммония (ПХА) и калия – получение, свойства, марки выпускаемого ПХА. Перспективные окислители ТРТ – нитрат аммония, динитрамидат аммония (АДНА), нитроформат гидразина. Получение, свойства, достоинства, недостатки.	2	1			1
5.3	Металлические горючие – физико-химические основы применения. Выбор, достоинства и недостатки различных металлических горючих. Применяемые металлические горючие – получение, марки, активность, стабилизация. Гидриды металлов как горючие ТРТ. Требования, выбор, получение, свойства. Достоинства и недостатки топлив с гидридами. Энергетические наполнители ТРТ. Требования, выбор, свойства применяемых и перспективных энергетических наполнителей.	4	1	2		1
5.4	Горючие связующие вещества (ГСВ) – требования, классификация по структуре и по составу, типу растворов полимера в пластификаторе. Химические и физические методы структурирования ТРТ – достоинства и недостатки. Полимерная основа ГСВ – классификация, достоинства, недостатки, области применения. Пластификаторы ГСВ – физико-химические основы применения, классификация, области применения.	4	1	2		1
5.5	Технология получения нитроцеллюлозы. Свойства нитроцеллюлозы и области ее применения. Технология изготовления и компонентная база пироксилиновых, кордитных,	3	2			1

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	Самостоя- тельная работа
	баллистических, сферических, вязкозных и пластизольных нитроцеллюлозных порохов. Зависимость области применения нитроцеллюлозных порохов от состава и технологии изготовления.					
6	Раздел 6. Характеристики ТРТ	13	6	2		5
6.1	Требования к ТРТ, основные характеристики ТРТ. Энергетические (энергомассовые) характеристики ТРТ, их зависимость от состава топлива. Области применения ТРТ в зависимости от их энергомассовых характеристик.	2	1			1
6.2.	Устройство и функцио-нирование РДТТ, необходимость учета баллистических характеристик ТРТ, их взаимосвязь с характеристиками заряда, двигателя и ракеты. Пути регулирования баллистических характеристик ТРТ. Влияние соотношения и дисперсности компонентов на баллистические характеристики ТРТ.	3	2			1
6.3	Физические методы регулирования баллистических характеристик ТРТ. Регулирование баллистических характеристик ТРТ с помощью добавок химических веществ. Управление работой РДТТ на ее различных стадиях.	2	1			1
6.4	Механические характеристики ТРТ, их взаимосвязь с характеристиками заряда, двигателя и ракеты. Заряды ТРТ: способы расположения в двигателе в зависимости от механических свойств и состава ТРТ. Основные конструктивные формы, технология изготовления зарядов ТРТ. Взрывчатые характеристики ТРТ как характеристики их безопасности.	6	2	2		2

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	Самостоя- тельная работа
7	Раздел 7. Области применения порохов и ТРТ, специальные виды порохов	6	2	2		2
7.1	Отличия по требованиям и составу порохов, используемых в ствольных системах и ракетных двигателях. Регулирование энергетических и баллистических характеристик порохов, используемых в ствольных системах.	3	1	1		1
7.2	Другие устройства, использующие энергию порохов: пороховые аккумуляторы давления, МГД-генераторы, лазеры. Области применения, требования к топливам. Специальные виды порохов: низкотемпературные и беспламенные пороха, плазменные и лазерные пороха, термостойкие пороха.	3	1	1		1
8	Раздел 8. Пиротехнические составы	13	6	2		5
8.1	Основные сведения о ПС. Сходства и различия по требованиям и составу ПС и твердых топлив. Современная классификация ПС по цели применения. Возможность использования одного ПС для различных целей на примере дымного пороха и железоалюминиего термита. Компонентная база ПС, ее сходства и различия с компонентной базой твердых топлив. Окислители ПС. Горючие и горючие связующие ПС.	3	2			1
8.2	Физико-химические основы применения, требования, компоненты, состав, области применения отдельных групп и видов ПС.	2	1			1

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	Самостоя- тельная работа
	Составы для получения светового излучения. Осветительные и фотоосветительные составы. Сигнальные составы. Трассирующие составы. Фейерверочные составы.					
8.3	Составы для инициирования, передачи и использования теплового и огневого импульса. Пирофорные и зажигательные составы. Воспламенительные, замедлительные и нагревательные составы.	2	1			1
8.4	Составы для получения аэрозолей. Маскирующие и сигнальные аэрозольные составы. Специальные аэрозольные составы. Составы и установки для пожаротушения. Защита от заморозков, распыление ядохимикатов и ОВ. Активное воздействие на облака и туманы, исследование атмосферы с помощью искусственных светящихся облаков.	2	1			1
8.5	Звуковые и имитационные составы и изделия. Составы для получения химических продуктов. Получение индивидуальных веществ в газообразном состоянии. Получение твердых веществ методами металлотермии и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Дымный порох, как универсальный ПС – состав, характеристики, области применения, технология получения.	4	1	2		1
	ИТОГО	78	32	16		30
	Реферат	30				30
	Экзамен	36				
	ИТОГО	144				

4.2. Содержание разделов дисциплины.

Раздел 1. Введение

1.1. Цели, задачи и основные разделы дисциплины. Значение дисциплины для подготовки специалистов в области химии, технологии и применения энергетических материалов. Связь дисциплины с общетеоретическими и специальными дисциплинами.

Классификация энергетических материалов, используемых в режиме горения. Типы реактивных двигателей и топлив, области их применения. Современное состояние ракетной техники в России и за рубежом.

Раздел 2. Требования к ракетным топливам. Энергетические характеристики

2.1. Требования к ракетным топливам. Удельный импульс как основная энергетическая характеристика ракетных топлив – физический смысл, зависимость от различных факторов, его потери, пути их снижения. Связь характеристик топлива и ракеты через величину удельного импульса.

Раздел 3. ЖРД и ЖРТ

3.1. Основные исторические этапы создания ЖРД. Принципы устройства ЖРД, классификация ЖРТ. Окислители и горючие ЖРД. Выбор среди соединений различных классов.

3.2. Применяемые окислители и горючие ЖРД: свойства, способы получения, достоинства, недостатки.

3.3. Энергетические характеристики ЖРТ. Самовоспламеняющиеся топлива, гибридные топлива. Однокомпонентные топлива, жидкие пороха. Зависимость областей применения ЖРТ от их свойств.

Раздел 4. Высокомолекулярные соединения

4.1. Классификация полимеров по химическому строению. Молекулярно-массовое и молекулярно-числовое распределение. Конфигурация макромолекул. Надмолекулярная структура полимеров.

4.2. Внутримолекулярные перегруппировки и полимераналогичные превращения. Сшивание и отверждение полимеров. Химическая и физическая деструкция, стабилизация полимеров.

4.3. Получение полимеров. Радикальная полимеризация. Ионная и ионно-координационная полимеризация. Поликонденсация. Сходства и различия полимеризации и поликонденсации. Методы организации процессов.

4.4. Физические и фазовые состояния полимеров, термомеханическая кривая. Релаксационные процессы в полимерах, гистерезис.

4.5. Истинные и коллоидные растворы полимеров. Пластификация и наполнение полимеров. Технология полимерных материалов.

Раздел 5. Компонентная база ТРТ

5.1. Сравнение жидких и твердых ракетных топлив. Области применения ракет с ЖРД и РДТТ. Основные исторические этапы развития РТ и РД. Классификация ТРТ по составу. Основные типы компонентов метательных ВВ, требования к ним.

5.2. Окислители ТРТ. Требования, выбор среди органических и неорганических соединений. Перхлораты аммония (ПХА) и калия – получение, свойства, марки выпускаемого ПХА. Перспективные окислители ТРТ – нитрат аммония, динитрамидат аммония (АДНА), нитроформат гидразина. Получение, свойства, достоинства, недостатки.

5.3. Металлические горючие – физико-химические основы применения. Выбор, достоинства и недостатки различных металлических горючих. Применяемые металлические горючие – получение, марки, активность, стабилизация. Гидриды металлов как горючие ТРТ. Требования, выбор, получение, свойства. Достоинства и недостатки

топлив с гидридами. Энергетические наполнители ТРТ. Требования, выбор, свойства применяемых и перспективных энергетических наполнителей.

5.4. Горючие связующие вещества (ГСВ) – требования, классификация по структуре и по составу, типу растворов полимера в пластификаторе. Химические и физические методы структурирования ТРТ – достоинства и недостатки. Полимерная основа ГСВ – классификация, достоинства, недостатки, области применения. Пластификаторы ГСВ – физико-химические основы применения, классификация, области применения.

5.5. Технология получения нитроцеллюлозы. Свойства нитроцеллюлозы и области ее применения. Технология изготовления и компонентная база пироксилиновых, кордитных, баллиститных, сферических, вязкозных и пластизольных нитроцеллюлозных порохов. Зависимость области применения нитроцеллюлозных порохов от состава и технологии изготовления.

Раздел 6. Характеристики ТРТ

6.1. Требования к ТРТ, основные характеристики ТРТ. Энергетические (энергомассовые) характеристики ТРТ, их зависимость от состава топлива. Области применения ТРТ в зависимости от их энергомассовых характеристик.

6.2. Устройство и функционирование РДТТ, необходимость учета баллистических характеристик ТРТ, их взаимосвязь с характеристиками заряда, двигателя и ракеты. Пути регулирования баллистических характеристик ТРТ. Влияние соотношения и дисперсности компонентов на баллистические характеристики ТРТ. Физические методы регулирования баллистических характеристик ТРТ. Регулирование баллистических характеристик ТРТ с помощью добавок химических веществ. Управление работой РДТТ на ее различных стадиях.

6.3. Механические характеристики ТРТ, их взаимосвязь с характеристиками заряда, двигателя и ракеты. Заряды ТРТ: способы расположения в двигателе в зависимости от механических свойств и состава ТРТ. Основные конструктивные формы, технология изготовления зарядов ТРТ.

6.4. Взрывчатые характеристики ТРТ как характеристики их безопасности.

Раздел 7. Области применения порохов и ТРТ, специальные виды порохов

7.1. Отличия по требованиям и составу порохов, используемых в артиллерийских, стрелковых системах и ракетных двигателях. Регулирование энергетических и баллистических характеристик порохов, используемых в артиллерийских, стрелковых системах.

7.2. Другие устройства, использующие энергию порохов: пороховые аккумуляторы давления, МГД-генераторы, лазеры. Области применения, требования к топливам. Специальные виды порохов: низкотемпературные и беспламенные пороха, плазменные и лазерные пороха, термостойкие пороха.

Раздел 8. Пиротехнические составы

8.1. Основные сведения о ПС. Сходства и различия по требованиям и составу ПС и твердых топлив. Современная классификация ПС по цели применения. Возможность использования одного ПС для различных целей на примере дымного пороха и железоалюминиего термита.

Компонентная база ПС, ее сходства и различия с компонентной базой твердых топлив. Окислители ПС. Горючие и горючие связующие ПС.

8.2. Физико-химические основы применения, требования, компоненты, состав, области применения отдельных групп и видов ПС.

Составы для получения светового излучения. Осветительные и фотоосветительные составы. Сигнальные составы. Трассирующие составы. Фейерверочные составы.

8.3. Составы для инициирования, передачи и использования теплового и огневого импульса. Пирофорные и зажигательные составы. Воспламенительные, замедлительные и нагревательные составы.

8.4. Составы для получения аэрозолей. Маскирующие и сигнальные аэрозольные составы. Специальные аэрозольные составы. Составы и установки для пожаротушения. Защита от заморозков, распыление ядохимикатов и ОВ. Активное воздействие на облака и туманы, исследование атмосферы с помощью искусственных светящихся облаков.

8.5. Звуковые и имитационные составы и изделия.

Составы для получения химических продуктов. Получение индивидуальных веществ в газообразном состоянии. Получение твердых веществ методами металлотермии и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Дымный порошок, как универсальный ПС – состав, характеристики, области применения, технология получения.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	Знать:								
1	- классификацию, требования, правила компоновки ЭНМ, используемых в режиме горения	+							+
2	- теоретические основы работы и основные принципы устройства жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, ствольных систем, газогенераторов, МГД-генераторов;		+	+			+	+	
3	- требования к компонентам ЭНМ, используемых в режиме горения, их классификацию, свойства применяемых и перспективных компонентов, методы их получения;			+	+	+	+	+	+
4	- основные характеристики ЭНМ, используемых в режиме горения и пути их регулирования;			+			+	+	
5	- взаимосвязь характеристик ЭНМ используемых в режиме горения, и снаряжаемых ими устройств с областью их применения;			+			+	+	+
	Уметь:								
6	- анализировать информацию об ЭНМ используемых в режиме горения, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения;			+		+	+	+	+
7	прогнозировать пути совершенствования ЭНМ, используемых в режиме горения в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения.			+	+	+			
	Владеть:								
8	- современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения и характеристикам ЭНМ, используемых в режиме горения в России и за рубежом;			+	+	+	+	+	+
9	- навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения ЭНМ, используемых в режиме горения, прогнозированием перспектив применения новых компонентов, рецептур и технологий.			+		+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:			Раздел							
			1	2	3	4	5	6	7	8
10	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий.	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов;	+	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов;	+	+	+	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:			Раздел							
			1	2	3	4	5	6	7	8
		ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов.	+	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Основы технологий ЭНМ и изделий» в объеме 16 академических часов (0.45 зач. ед.) в 9 семестре

Примерный перечень тем практических занятий

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	2.1	Связь характеристик топлива и ракеты через величину удельного импульса. Расчёты.	2
2	3.3	Энергетические характеристики ЖРТ. Зависимость областей применения ЖРТ от их свойств.	2
3	4.1-4.5	Получение, свойства, применение полимеров.	2
4	5.1-5.3	Области применения ракет с РДТТ. Основные исторические этапы развития РТ и РД. Классификация ТРТ по составу. Основные типы компонентов метательных ВВ. наполнители ТРТ требования, выбор, характеристики, перспективы	2
5	5.4-5.5	Горючие связующие вещества (ГСВ) – требования, классификация по структуре и по составу, типу растворов полимера в пластификаторе. Химические и физические методы структурирования ТРТ – достоинства и недостатки. Пороха и ТРТ на основе нитроцеллюлозы.	2
6	6.1-6.4	Требования к ТРТ, основные характеристики ТРТ. Энергетические, баллистические, механические, взрывчатые характеристики ТРТ.	2
7	7.1-7.2	Области применения порохов и ТРТ, специальные виды порохов – требования, состав, характеристики.	2
8	8.1-8.5	Современная классификация ПС. Компонентная база ПС. Состав и характеристики различных видов ПС.	2

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 60 академических часов в 9-ом семестре.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку и оформление реферата

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за подготовку и защиту рефератов (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины

Текущий контроль освоения теоретических разделов дисциплины осуществляется по следующим видам работ:

1. Два реферата (Р);

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

Вид контроля	P1	P2	Σ
Баллы	30	30	60

Итоговый контроль освоения теоретических разделов дисциплины – экзамен. Максимальная оценка на экзамене 40 баллов.

Темы рефератов

Реферат 1

1. Классификация энергетических материалов, используемых в режиме горения.
2. Требования к ракетным топливам.
3. Типы реактивных двигателей.
4. Типы реактивных топлив.
5. Удельный импульс – физический смысл.
6. Удельный импульс зависимость от различных факторов.
7. Удельный импульс, его потери.
8. Пути снижения потерь удельного импульса.
9. Связь характеристик топлива и ракеты через величину удельного импульса.
10. Основные исторические этапы создания ЖРД
11. Принципы устройства ЖРД.
12. Классификация ЖРТ.
13. Окислители ЖРД. Выбор среди соединений различных классов.
14. Кислородные окислители ЖРД: свойства, достоинства, недостатки.
15. Кислородные окислители ЖРД: способы получения.
16. Азотнокислотные окислители ЖРД: свойства, способы получения, достоинства, недостатки.
17. Азотнокислотные окислители ЖРД: способы получения.
18. Свойства применяемых окислителей ЖРД
19. Перспективные окислители ЖРД
20. Горючие ЖРД. Выбор среди соединений различных классов.
21. Свойства применяемых горючих ЖРД.
22. Способы получения жидкого водорода.
23. Свойства, достоинства, недостатки жидкого водорода.
24. Свойства, достоинства, недостатки углеводородных горючих.
25. Способы получения углеводородных горючих
26. Свойства, достоинства, недостатки азотсодержащих горючих.
27. Способы получения, достоинства, недостатки азотсодержащих горючих.
28. Перспективные углеводородные горючие ЖРД.
29. Перспективные азотсодержащие горючие ЖРД.
30. Перспективные боровводородные горючие ЖРД.
31. Металлизированные горючие ЖРД.

32. Замороженные ЖРТ.
33. Гелеобразные ЖРТ.
34. Гибридные ракетные двигатели и топлива для них.
35. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели твёрдого топлива и топлива для них.
36. Гидрореактивные двигатели и топлива для них.
37. Энергетические характеристики ЖРТ.
38. Самовоспламеняющиеся топлива.
39. Однокомпонентные топлива, жидкие пороха.
40. Зависимость областей применения ЖРТ от их свойств.

Реферат 2

1. Классификация полимеров по химическому строению.
2. Способы получения полимеров.
3. Химические превращения полимеров
4. Получение полимеров. Радикальная полимеризация.
5. Инициаторы радикальной полимеризации.
6. Получение полимеров. Катионная полимеризация.
7. Получение полимеров. Анионная полимеризация
8. Получение полимеров. Ионно-координационная полимеризация
9. Получение полимеров. Поликонденсация.
10. Сополимеры.
11. Блоксополимеры.
12. Мономеры для поликонденсации.
13. Молекулярно-массовое и молекулярно-числовое распределение. Их изменение при полимеризации и поликонденсации.
14. Конфигурация макромолекул.
15. Надмолекулярная структура полимеров.
16. Методы модификации надмолекулярной структуры полимеров.
17. Термообратимые полимеры. Способы получения.
18. Получение полимеров. Сходства и различия полимеризации и поликонденсации.
19. Методы организации процессов полимеризации и поликонденсации.
20. Внутримолекулярные перегруппировки и полимераналогичные превращения.
21. Получение полимеров методом полимераналогичных превращений.
22. Физические методы структурирования полимеров.
23. Химические методы структурирования полимеров
24. Сшивание и отверждение полимеров.
25. Химическая и физическая деструкция полимеров.
26. Стабилизация полимеров.
27. Физические и фазовые состояния полимеров.
28. Термомеханическая кривая
29. Механические свойства полимеров.
30. Релаксационные процессы в полимерах, гистерезис.
31. Истинные и коллоидные растворы полимеров.
32. Набухание и растворение полимеров.
33. Студни и пластизоли.
34. Пластификация полимеров.
35. Требования к промышленным пластификаторам.
36. Наполнение полимеров.
37. Промышленные наполнители полимеров.
38. Термоэластопласты.
39. Типы сшивающих агентов.
40. Изоцианаты. Получение и применение.

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины

1. Сравнение жидких и твердых ракетных топлив. Области применения ракет с ЖРД и РДТТ.
2. Основные исторические этапы развития РТ и РД.
3. Классификация ТРТ по составу. Основные типы компонентов метательных ВВ, требования к ним.
4. Окислители ТРТ. Требования, выбор среди органических соединений.
5. Окислители ТРТ. Требования, выбор среди неорганических соединений.
6. Перхлораты аммония и калия – получение, свойства, марки выпускаемого ПХА.
7. Перспективные окислители ТРТ – НА, АДНА, нитроформат гидразина. Получение, свойства, достоинства, недостатки.
8. Металлические горючие – физико-химические основы применения. Выбор, достоинства и недостатки различных металлических горючих.
9. Применяемые металлические горючие – получение, марки, активность, стабилизация.
10. Гидриды металлов как горючие ТРТ. Требования, выбор, получение, свойства. Достоинства и недостатки топлив с гидридами.
11. Высокоэнергетические наполнители ТРТ. Требования, выбор, свойства применяемых и перспективных ВЭН.
12. ГСВ – требования, классификация по структуре и по составу, типу растворов полимера в пластификаторе.
13. Методы структурирования ТРТ – достоинства и недостатки. Химические методы.
14. Методы структурирования ТРТ – достоинства и недостатки. Физические методы. (Пластизолы и термообратимые полимеры)
15. Полимерная основа ГСВ – классификация, достоинства, недостатки, области применения
16. Пластификаторы ГСВ – физико-химические основы применения, классификация, области применения
17. Новые компоненты ГСВ – термообратимые полимеры, пластификаторы с нитраминными и азидными группами
18. Технология получения нитроцеллюлозы
19. Свойства нитроцеллюлозы и области ее применения
20. Технология получения и состав пироксилиновых, кордитных и баллистических порохов
21. Технология получения и состав сферических, вязкозных и пластизольных нитроцеллюлозных порохов
22. Компонентная база нитроцеллюлозных порохов
23. Взаимосвязь областей применения, состава и технологии изготовления нитроцеллюлозных порохов
24. Требования к ТРТ, основные характеристики ТРТ
25. Энергетические характеристики ТРТ
26. Устройство и функционирование РДТТ, необходимость учета баллистических характеристик ТРТ
27. Регулирование баллистических характеристик нитроцеллюлозных порохов.
28. Пути регулирования баллистических характеристик ТРТ. Физические методы
29. Баллистические характеристики индивидуальных компонентов ТРТ. Влияние дисперсности компонентов на баллистические характеристики СТРТ.

30. Регулирование баллистических характеристик ТРТ с помощью добавок химических веществ
31. Управление работой РДТТ на ее различных стадиях. Включение и выключение тяги
32. Управление работой РДТТ на ее различных стадиях. Регулирование раздела и направления вектора тяги
33. Управление работой РДТТ. Двигатели глубокого регулирования и топлива для них
34. Механические характеристики ТРТ
35. Заряды ТРТ: способы расположения в двигателе в зависимости от механических свойств и состава ТРТ
36. Заряды ТРТ: основные конструктивные формы, технология изготовления
37. Взрывчатые характеристики ТРТ
38. Низкотемпературные и беспламенные пороха
39. МГД-генераторы и плазменные пороха, лазеры и лазерные пороха
40. Устройства, использующие энергию порохов
41. Пороховые аккумуляторы давления. Газогенераторы. Области применения, требования к топливам, состав
42. Пороховые аккумуляторы давления. Пироэнергодатчики. Области применения, требования к топливам
43. Процесс выстрела. Характеристики порохов для артиллерийских и стрелковых систем. Перспективы развития
44. Отличия по требованиям и составу порохов для ракетных, и ствольных систем
45. Регулирование энергетических и баллистических характеристик порохов для ствольных систем.
46. Конверсия производства и утилизация порохов
47. Основные сведения о ПС. Сходства и различия по требованиям и составу ПС, порохов и твердых топлив. Современная классификация ПС по цели применения. Возможность использования одного ПС для различных целей .
48. Компонентная база ПС, ее сходства и различия с компонентной базой смесевых ВВ. Окислители ПС. Горючие и горючие связующие ПС.
49. Составы для получения светового излучения. Осветительные и фотоосветительные составы.
50. Сигнальные составы. Трассирующие составы.
51. Фейерверочные составы.
52. Составы для инициирования, передачи и использования теплового и огневого импульса. Пирофорные и зажигательные составы.
53. Воспламенительные, замедлительные и нагревательные составы
54. Составы для получения аэрозолей. Маскирующие и сигнальные аэрозольные составы.
55. Специальные аэрозольные составы. Составы и установки для пожаротушения. Защита от заморозков, распыление ядохимикатов и ОВ.
56. Активное воздействие на облака и туманы, исследование атмосферы с помощью искусственных светящихся облаков
57. Звуковые и имитационные составы и изделия.
58. Составы для получения химических продуктов. Получение индивидуальных веществ в газообразном состоянии.
59. Получение твердых веществ методами металлотермии и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.
60. Дымный порох, как универсальный ПС – состав, характеристики, области применения, технология получения.
61. Реакционные материалы.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Структура и пример экзаменационных билетов

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме устного итогового экзамена в 9-ом семестре. Экзамен по дисциплине «Основы технологий ЭНМ и изделий» включает контрольные вопросы по разделам 1-2, 5-8 учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответ на каждый вопрос экзаменационного билета оценивается в 20 баллов, суммарная максимальная оценка 40 баллов. Общая оценка освоения дисциплины складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на экзамене. Максимальная оценка – 100 баллов.

Пример экзаменационного билета.

<i>«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий</i>	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Основы технологий ЭНМ и изделий»
«__» _____ 20__ г.	
Билет № 1	
1. Гидриды металлов как горючие ТРТ. Требования, выбор, получение, свойства. Достоинства и недостатки топлив с гидридами. 2. Управление работой РДТТ на ее различных стадиях. Регулирование модуля и направления вектора тяги.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Левшенков А.И. Свойства компонентов твёрдых и жидких ракетных топлив: учеб. пособие – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2020.– 112 с.
2. Левшенков А.И., Синдицкий В.П. Жидкие ракетные топлива: современное состояние, перспективы развития: учеб. пособие – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2021. – 120 с.
3. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь/ Под ред. Жукова Б.П.. Изд. 2-е, исправл. – М.: Янус-К, 2000. - 596 с.
4. Косточко А.В., Б.М. Казбан. Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Физико-химические свойства порохов и ракетных твердых топлив [Электронный ресурс] : учебное пособие — Электрон. дан. — Казань: КНИТУ, 2011, 368 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/13316>.
5. Косточко А.В., Б.М. Казбан. Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Воспламенение и горение порохов и ракетных твердых топлив [Электронный ресурс] : учебное пособие — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2010, 213 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/13314>.

Б. Дополнительная литература

1. Большаков Г.Ф.. Химическая технология компонентов жидкого ракетного топлива. – Л.: Химия, 1983. 320 с., ил.
4. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Химия, 1989. – 431 с.
2. Тагер А.А. Физикохимия полимеров. 3-е изд, перераб. М.: Химия, 1978.- 544 с.
3. Орлова Е.Ю. Химическая технология бризантных взрывчатых веществ: Учебник для вузов. - 3 изд., перераб. _ Л.: Химия, 1981 – 312 с., ил.
4. Вспомогательные системы ракетно-космической техники. М.: Мир, 1970. 400с.
5. Рогов Н. Г., Ищенко М.А. Смесевые ракетные твердые топлива: Компоненты, требования, свойства. Учебное пособие. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2005. – 195 с.
6. Рогов Н. Г., Груздев Ю.А. Физико-химические свойства порохов и твердых ракетных топлив: Учебное пособие. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2005. – 200 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Физика горения и взрыва. ISSN: 0430-6228

Химическая физика. ISSN (print): 0207-401X

Горение и взрыв. ISSN: 2305-9117

Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087

Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822

Thermochimica Acta. ISSN: 0040-6031

Combustion and Flame. ISSN: 0010-2180

International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678

Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы дисциплины «Основы технологий ЭНМ и изделий» подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 80);

банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 61).

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);

- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);

- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);

- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;

- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной

литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с рабочим учебным планом занятия по дисциплине «Основы технологий ЭНМ и изделий» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копируемые аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: конспекты лекций в электронном виде, электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное /вспомогательное ПО)

12.ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	<i>Знает</i> - классификацию, требования, правила компоновки ЭНМ, используемых в режиме горения.	Оценка за экзамен.
Раздел 2.	<i>Знает:</i> - теоретические основы работы и основные принципы устройства жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, ствольных систем, газогенераторов, МГД-генераторов; <i>Умеет:</i> теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; - навыками экспериментальной работы	Оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	по исследованию энергонасыщенных соединений.	
Раздел 3.	<i>Знает:</i> - теоретические основы работы и основные принципы устройства жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, ствольных систем, газогенераторов, МГД-генераторов; - требования к компонентам ЭНМ, используемых в режиме горения, их классификацию, свойства применяемых и перспективных компонентов, методы их получения; - основные характеристики ЭНМ, используемых в режиме горения и пути их регулирования; - взаимосвязь характеристик ЭНМ используемых в режиме горения, и снаряжаемых ими устройств с областью их применения; <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. - анализировать информацию об ЭНМ используемых в режиме горения, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения; - прогнозировать пути совершенствования ЭНМ, используемых в режиме горения в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения. <i>Владеет:</i> - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения и характеристикам ЭНМ, используемых в режиме горения в России и за рубежом; - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения ЭНМ, используемых в режиме горения, прогнозированием перспектив применения новых компонентов,	Оценка за подготовку и защиту реферата; оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	рецептур и технологий.	
Раздел 4.	<i>Знает:</i> - требования к компонентам ЭНМ, используемых в режиме горения, их классификацию, свойства применяемых и перспективных компонентов, методы их получения; <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. - прогнозировать пути совершенствования ЭНМ, используемых в режиме горения в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения. <i>Владеет:</i> - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения и характеристикам ЭНМ, используемых в режиме горения в России и за рубежом;	Оценка за подготовку и защиту реферата; оценка за экзамен.
Раздел 5.	<i>Знает:</i> - требования к компонентам ЭНМ, используемых в режиме горения, их классификацию, свойства применяемых и перспективных компонентов, методы их получения; <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. - анализировать информацию об ЭНМ используемых в режиме горения, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения; - прогнозировать пути совершенствования ЭНМ, используемых в режиме горения в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения. <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и	Оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; - навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений. - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения и характеристикам ЭНМ, используемых в режиме горения в России и за рубежом; - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения ЭНМ, используемых в режиме горения, прогнозированием перспектив применения новых компонентов, рецептур и технологий.	Оценка за экзамен.
Раздел 6.	<i>Знает:</i> - требования к компонентам ЭНМ, используемых в режиме горения, их классификацию, свойства применяемых и перспективных компонентов, методы их получения; - основные характеристики ЭНМ, используемых в режиме горения и пути их регулирования; - взаимосвязь характеристик ЭНМ используемых в режиме горения, и снаряжаемых ими устройств с областью их применения; <i>Умеет:</i> - анализировать информацию об ЭНМ используемых в режиме горения, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения; <i>Владеет:</i> - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения и характеристикам ЭНМ, используемых в режиме горения в России и за рубежом; - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения ЭНМ, используемых в режиме горения, прогнозированием перспектив применения новых компонентов, рецептур и технологий.	Оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 7.	<i>Знает:</i> - требования к компонентам ЭНМ, используемых в режиме горения, их классификацию, свойства применяемых и перспективных компонентов, методы их получения; - основные характеристики ЭНМ, используемых в режиме горения и пути их регулирования; - взаимосвязь характеристик ЭНМ используемых в режиме горения, и снаряжаемых ими устройств с областью их применения; <i>Умеет:</i> - анализировать информацию об ЭНМ используемых в режиме горения, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения; <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; - навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений. <i>Владеет:</i> - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения и характеристикам ЭНМ, используемых в режиме горения в России и за рубежом; - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения ЭНМ, используемых в режиме горения, прогнозированием перспектив применения новых компонентов, рецептур и технологий.	Оценка за экзамен.
Раздел 8.	<i>Знает:</i> - классификацию, требования, правила компоновки ЭНМ, используемых в режиме горения; - требования к компонентам ЭНМ, используемых в режиме горения, их классификацию, свойства применяемых и перспективных компонентов, методы их получения; - взаимосвязь характеристик ЭНМ	Оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	используемых в режиме горения, и снаряжаемых ими устройств с областью их применения; <i>Умеет:</i> - анализировать информацию об ЭНМ используемых в режиме горения, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения; <i>Владеет:</i> - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения и характеристикам ЭНМ, используемых в режиме горения в России и за рубежом; - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения ЭНМ, используемых в режиме горения, прогнозированием перспектив применения новых компонентов, рецептур и технологий.	Оценка за экзамен.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Основы технологий энергонасыщенных материалов и изделий»
основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Основы технологической безопасности производства
энергонасыщенных материалов и изделий»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

к.х.н., доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,
Колесовым В.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	8
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	8
4.2. Содержание разделов дисциплины.	10
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	11
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	14
6.1. Практические занятия	14
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	14
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	15
8.1. Оценочные средства для текущего контроля освоения дисциплины.....	15
8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.....	16
8.3. Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой	18
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	18
9.1. Рекомендуемая литература	18
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.....	19
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	19
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	20
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	20
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:	20
11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	20
11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	20
11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения	21
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	21
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	23

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий» относится к дисциплинам специализации обязательной части Б1.О.38.05.

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общетеоретических дисциплин физической химии, процессов и аппаратов, общей химической технологии, а также профилирующих дисциплин: «Основы технологий ЭНМ и изделий», «Химическая физика энергонасыщенных материалов», «Теория, свойства и применение ЭНС и изделий».

Цель дисциплины «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий» – ознакомление обучающихся с общими принципами технологической безопасности при производстве энергонасыщенных материалов и смежных областей химического производства.

Основные задачи дисциплины:

- изучение методик и алгоритмов оценки пожаро и взрывоопасности производства;
- изучение основных организационных и технических моментов обеспечения технологической безопасности производства энергосодержащих материалов;
- изучение методики оценки опасности продуктов и грузов;
- изучение методов оценки поражающих факторов аварий.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью ознакомления обучающихся:

1. С классификацией взрывных процессов при авариях по источнику энергии и по причине их возникновения. Роль человеческого фактора.
2. Пожароопасность и взрывоопасность газоздушных смесей и аэрозолей. Взрывы основных, промежуточных и побочных продуктов в химическом и ином производстве. Взрывы сосудов под давлением.
3. Методы оценки последствий взрывов. Ударная волна, зоны разрушения. Механическое и осколочное действие взрыва. Тепловое излучение от пожаров и взрывов.
4. Поражения людей при взрыве. Расчет поражающих факторов, зон поражения, степени и вероятности поражения от разных факторов.
5. Пожаробезопасность и взрывобезопасность химических производств. Классификация и методы оценки степени взрывоопасности технологических процессов и материалов.
6. Пассивные и активные методы предотвращения и уменьшения масштабов аварий и взрывов, обеспечения пожаробезопасности и взрывобезопасности.
7. Основные требования нормативов взрывобезопасности, методика их внедрения на производственных объектах.
8. Экспертиза проектной документации взрывоопасных производств, стандарты и требования к системе управления промышленной безопасностью и охраной труда.

9. Аварийные случаи на транспорте, их источники и причины, примеры крупных аварий. Классификация опасных грузов, отнесение к классам опасности на основании испытаний по международным методикам.

Дисциплина «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий» преподается в 10 семестре. Она включает лекции и практические занятия. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть частично реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции; контроль над	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, свойств сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры; готов к обеспечению требований по техническому	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности; ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по	26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: разработки, проектирования, наладки, эксплуатации и совершенствования средств, методов получения и способов применения энергонасыщенных материалов и изделий; промышленного и опытного производства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов, исходных и промежуточных продуктов для их получения; промышленного и опытного производства изделий на основе энергонасыщенных материалов; эксплуатации и хранения энергонасыщенных материалов; надзора в

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
соблюдением технологической дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.		регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической технологии с учетом требований по техническому регулированию; ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору технологической схемы производства энергонасыщенных материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий.	области промышленной безопасности при получении и использовании энергонасыщенных материалов и изделий). Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

Знать:

- методики и алгоритмы оценки пожаро и взрывоопасности производства;
- основные организационные и технические моменты обеспечения технологической безопасности производства энергосодержащих материалов;
- методики оценки опасности продуктов и грузов;

Уметь:

- определять категоричность опасности производственного процесса, класс опасности основных и промежуточных продуктов;
- оценивать энергетический эквивалент аварии по масштабам разрушений;

Владеть:

- методами вычисления энергетического эквивалента аварии; методами оценки вероятности поражения.
- алгоритмом расчета возможных разрушений и зон поражения различными поражающими факторами при авариях и взрывах;
- методами оценки вероятности поражения.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	72
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,89	32	24
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	0,17	6	4,5
Лекции	0,56	20	15
Практические занятия (ПЗ)	0,33	12	9
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	0,17	6	4,5
Самостоятельная работа	1.1	40	30
Контактная самостоятельная работа	1,1	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,6	29,7
Экзамен	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-
Подготовка к экзамену.		-	-
Вид контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек-ции	Практ. занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Введение	2		1			1
	Раздел 1. Классификация взрывных процессов при авариях	20	2	6	3	2	11
1.1	Классификация взрывных процессов при авариях по источнику энергии и по причине их возникновения.	3		1			2
1.2	Причины возникновения и развития аварий.	3		1			2

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практ. занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.3	Пожароопасность и взрывоопасность газовоздушных смесей и аэрозолей.	5		2			3
1.4	Взрывы сосудов для горючих и негорючих газов.	6	2	1	3	2	2
1.5	Взрывы основных, промежуточных и побочных продуктов в химическом и ином производстве.	3		1			2
	Раздел 2. Методы оценки последствий взрывов	16	2	4	3	2	9
2.1	Ударная волна, тротиловый эквивалент, энергетический закон подобия, зоны разрушения.	6	1	2	1	1	3
2.2	Тепловое излучение от пожаров и взрывов.	5	0,5	1	1	0,5	3
2.3	Поражения людей при взрыве.	5	0,5	1	1	0,5	3
	Раздел 3. Пожаробезопасность и взрывобезопасность химических производств	21	2	5	4	2	12
3.1	Пожаробезопасность и взрывобезопасность химических производств.	7	0,5	2	1	0,5	4
3.2	Методы предотвращения и уменьшения масштабов аварий и взрывов.	5	0,5	1	1	0,5	3
3.3	Ослабление критических элементов установок для предотвращения развития взрыва	5	0,5	1	1	0,5	3
3.4	Активные методы обеспечения пожаробезопасности и взрывобезопасности.	4	0,5	1	1	0,5	2
	Раздел 4. Основные требования нормативов взрывобезопасности	13		4	2		7
4.1	Комплекс профилактических мероприятий.	3,5		1	0,5		2
4.2	Основные требования нормативов взрывобезопасности, методика их внедрения на производственных объектах.	3,5		1	0,5		2

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практ. занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
4.3	Аварийные случаи на транспорте.	6		2	1		3
	Всего часов	72	6	20	12	6	40

4.2. Содержание разделов дисциплины.

Введение

Структура дисциплины, литература по дисциплине. Краткая характеристика производства энергонасыщенных материалов с выделением его особенностей и возможных аварий. Основные аварии, характерные для данной области промышленности, с акцентом на взрывы и их последствия, материальный ущерб и жертвы. Значение технологической безопасности для предотвращения масштабных аварий.

Раздел 1. Классификация взрывных процессов при авариях

- 1.1 **Классификация взрывных процессов при авариях по источнику энергии и по причине их возникновения.** Типичные ситуации, приводящие к горению и взрыву, роль человеческого фактора.
- 1.2 **Причины возникновения и развития аварий:** развитие экзотермической реакции, внешнее тепловое, механическое, электрическое или иное энергетическое воздействие. Развитие процесса: воспламенение, горение, дефлаграция, детонация.
- 1.3 **Пожароопасность и взрывоопасность газовоздушных смесей и аэрозолей.** Характеристики газовоздушных смесей и аэрозолей и методы определения. Дефлаграция и детонация газовых, аэрозольных и конденсированных систем.
- 1.4 **Взрывы сосудов для горючих и негорючих газов.** Взрывы сосудов для горючих и негорючих газов под давлением, взрывы емкостей со сжиженным газом, перегретой жидкостью, паровые взрывы.
- 1.5 **Взрывы основных, промежуточных и побочных продуктов в химическом и ином производстве.** Взрывы в зданиях и аппаратах, вне зданий.

Раздел 2. Методы оценки последствий взрывов

- 2.1 **Ударная волна, тротиловый эквивалент, энергетический закон подобия, зоны разрушения.** Механическое и осколочное действие взрыва и ударной волны, первичные и вторичные осколки.
- 2.2 **Тепловое излучение от пожаров и взрывов.** Огненный шар, критерии воспламенения тепловым излучением.
- 2.3 **Поражения людей при взрыве:** первичные, вторичные, третичные поражения, баротравмы, ожоги, осколочные поражения, отравление продуктами горения и взрыва и возможными токсическими выбросами. Расчет поражающих факторов, зон поражения, степени и вероятности поражения от разных факторов.

Раздел 3. Пожаробезопасность и взрывобезопасность химических производств

3.1 **Пожаробезопасность и взрывобезопасность химических производств.** Энергетический критерий взрывоопасности в промышленности и его основные показатели. Классификация и методы оценки степени взрывоопасности технологических процессов и материалов.

3.2 **Методы предотвращения и уменьшения масштабов аварий и взрывов.** Пассивные методы, обеспечивающие пожаробезопасность и взрывобезопасность химических производств. Инертные и негорючие растворители и среды проведения

реакций, инертная атмосфера для заполнения аппаратов и производственных зданий. Безопасное и взрывозащищенное электрооборудование.

3.3 Ослабление критических элементов установок для предотвращения развития взрыва, пассивные прерыватели горения и детонации. Здания с легко разрушаемыми облегченными элементами конструкции для ослабления действия взрыва. Бронекабины для взрывоопасного оборудования, обваловка крупных взрывоопасных установок и зданий для локализации взрыва.

3.4 Активные методы обеспечения пожаробезопасности и взрывобезопасности. Средства автоматического контроля, пожаротушения и взрывоподавления на начальных стадиях. Спринклерные и дренчерные системы, гидропушки, автоматические системы подавления взрыва - АСПВ.

Раздел 4. Основные требования нормативов взрывобезопасности

4.1 Комплекс профилактических мероприятий. Поведение руководящего и производственного персонала в условиях аварий и проведения аварийно-восстановительных и ремонтных работ. Привлечение централизованных аварийно-спасательных, пожарных и газоспасательных служб.

4.2 Основные требования нормативов взрывобезопасности, методика их внедрения на производственных объектах. Экспертиза проектной документации взрывоопасных производств, стандарты и требования к системе управления промышленной безопасностью и охраной труда.

4.3 Аварийные случаи на транспорте. Источники и причины аварийных ситуаций, примеры крупных аварий. Международный договор о перевозке опасных грузов (ДОПОГ). Классификация опасных грузов, отнесение к классам опасности на основании испытаний по международным методикам.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Компетенции	Раздел				
		Введение	1	2	3	4
	Знать:					
1	– методики и алгоритмы оценки пожаро и взрывоопасности производства;		+	+	+	+
2	– основные организационные и технические моменты обеспечения технологической безопасности производства энергосодержащих материалов;		+	+	+	+
3	– методики оценки опасности продуктов и грузов.		+	+	+	+
	Уметь:					
4	– определять категоричность опасности производственного процесса;				+	+
	– определять класс опасности основных и промежуточных продуктов				+	+
5	– оценивать энергетический эквивалент аварии по масштабам разрушений			+	+	+
	Владеть:					
6	– методами вычисления энергетического эквивалента аварии; методами оценки			+	+	+

№	Компетенции	Раздел				
		Введение	1	2	3	4
	вероятности поражения;					
7	– алгоритмом расчета возможных разрушений и зон поражения различными поражающими факторами при авариях и взрывах;			+	+	+
8	методами оценки вероятности поражения.			+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:						
9	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, свойств сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры; готов к обеспечению требований по техническому регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности;	+	+	+	+

№	Компетенции		Раздел				
			Введение	1	2	3	4
		ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической технологии с учетом требований по техническому регулированию;	+	+	+	+	+
		ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору технологической схемы производства энергонасыщенных материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий.	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий» в объеме 12 часов (0.45 зач. ед.) в 10 семестре. Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, приобретение навыков решения ряда практических задач в области технологической безопасности энергонасыщенных материалов и изделий.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1.4	Взрывы сосудов для горючих и негорючих газов под давлением, взрывы емкостей со сжиженным газом, перегретой жидкостью, паровые взрывы.	3
2	2.1	Ударная волна, тротиловый эквивалент, энергетический закон подобия, зоны разрушения. Механическое и осколочное действие взрыва и ударной волны, первичные и вторичные осколки.	1
3	2.2	Тепловое излучение от пожаров и взрывов, огненный шар, критерии воспламенения тепловым излучением.	1
4	2.3	Поражения людей при взрыве: первичные, вторичные, третичные поражения, баротравмы, ожоги, осколочные поражения.	0.5
5	2.3	Расчет поражающих факторов, зон поражения, степени и вероятности поражения от разных факторов.	0.5
6	3	Энергетический критерий взрывоопасности в промышленности и его основные показатели. Классификация и методы оценки степени взрывоопасности технологических процессов и материалов.	4
7	4.3	Классификация опасных грузов, отнесение к классам опасности на основании испытаний по международным методикам.	2

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий» предусмотрена самостоятельная работа студента специалитета в объеме 40 академических часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

1. регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
2. подготовку к контрольным работам;
3. подготовку к сдаче зачета с оценкой).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение трёх контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов за каждую) и итогового контроля в форме зачёта с оценкой (максимальная оценка 40 баллов). Общая оценка освоения дисциплины складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на зачете с оценкой. Максимальная оценка – 100 баллов.

8.1. Оценочные средства для текущего контроля освоения дисциплины

Текущий контроль освоения теоретических разделов дисциплины осуществляется по результатам трех контрольных работ (КР).

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

Вид контроля	КР №1	КР №2	КР №3	Σ
Баллы	20	20	20	60

Итоговый контроль освоения теоретических разделов дисциплины – зачет с оценкой. Максимальная оценка 40 баллов.

Примеры контрольных работ

Контрольная работа по содержанию разделов 1 и 2 (1.4, 2.1).

Вариант №1

1. Определить энергию взрыва баллона объемом 40 л с азотом под давлением 150 ат.
2. Найдите тротиловый эквивалент данного взрыва.
3. Определить скорость осколков баллона, приняв его массу за 60 кг, а толщину стенки за 1 см.
4. Оценить среднюю дальность полета осколка.

Вариант №2

1. Определить энергию взрыва емкости с пропаном в воздухе, баллон объемом 20 л, заполнен на 70%, температура 20 С°.
2. Найдите тротиловый эквивалент данного взрыва.
3. Определить зону разрушения ударной волной 50% остекления.
4. Оценить среднюю скорость осколков стекла толщиной 3 мм на данном расстоянии.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	4	Σ
Баллы	5	5	5	5	20

Контрольная работа по содержанию раздела 2 (2.2, 2.3).

Вариант №1

1. Определите диаметр огненного шара при взрыве цистерны с 50 т. толуола.
2. Определите время жизни этого огненного шара.
3. Определить расстояние воспламенения окрашенной древесины тепловым излучением.

4. Определить расстояние 50% вероятности получения ожога 1 степени незащищенным человеком.

Вариант №2

1. Перевести в тротиловый эквивалент взрыв 100 т. аммиачной селитры.
2. Рассчитать зоны поражения зданий ударной волной.
3. Определить зоны поражения людей ударной волной, дифференцировав их по степени тяжести баротравм.
4. Рассчитать скорость осколков стекла толщиной 4 мм, достаточную для пробития кожи с 50% вероятностью.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	4	Σ
Баллы	5	5	5	5	20

Контрольная работа по содержанию разделов 3 и 4 (3.1 и 4.3).

Вариант №1

1. Определить категорию опасности здания нитрации толуола.
2. Назовите наиболее опасные стадии и аппараты процесса нитрации толуола.
3. Описать алгоритм отнесения груза к классу опасности на примере динитротолуола.
4. Класс опасности груза динитротолуола в бочках, его группа совместимости.

Вариант №2

1. Определить категорию опасности мастерской по окраске корпусов изделий нитролаком в атмосфере воздуха.
2. Какие производственные здания обязательно защищены обваловкой, их категория опасности.
3. Назовите методы испытаний потенциально опасных веществ к тепловому импульсу.
4. Способы уменьшения опасности транспортировки грузов с помощью упаковки, классы опасности и группы совместимости малочувствительных ВВ.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	4	Σ
Баллы	5	5	5	5	20

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины

Итоговый контроль освоения теоретических разделов дисциплины – зачет с оценкой. Максимальная оценка 40 баллов.

1. Классификация взрывных процессов при авариях по источнику энергии и по причине их возникновения.
2. Типичные ситуации, приводящие к горению и взрыву, роль человеческого фактора.
3. Причины возникновения и развития аварий: развитие экзотермической реакции, внешнее тепловое, механическое, электрическое или иное энергетическое воздействие.
4. Развитие процесса аварии: воспламенение, горение, дефлаграция, детонация.

5. Пожароопасность и взрывоопасность газовоздушных смесей и аэрозолей, их характеристики и методы определения.
6. Дефлаграция и детонация газовых, аэрозольных и конденсированных систем.
7. Взрывы сосудов для горючих и негорючих газов под давлением, взрывы емкостей со сжиженным газом, перегретой жидкостью, паровые взрывы.
8. Взрывы основных, промежуточных и побочных продуктов в химическом и ином производстве.
9. Взрывы в зданиях и аппаратах, вне зданий.
10. Ударная волна, тротиловый эквивалент, энергетический закон подобия, зоны разрушения.
11. Механическое и осколочное действие взрыва и ударной волны, первичные и вторичные осколки.
12. Тепловое излучение от пожаров и взрывов, огненный шар, критерии воспламенения тепловым излучением.
13. Поражения людей при взрыве: первичные, вторичные, третичные поражения, баротравмы, ожоги, осколочные поражения, отравление продуктами горения и взрыва и возможными токсическими выбросами.
14. Расчет поражающих факторов, зон поражения, степени и вероятности поражения от разных факторов.
15. Пожаробезопасность и взрывобезопасность химических производств.
16. Энергетический критерий взрывоопасности в промышленности и его основные показатели.
17. Классификация и методы оценки степени взрывоопасности технологических процессов и материалов.
18. Методы предотвращения и уменьшения масштабов аварий и взрывов. Пассивные методы, обеспечивающие пожаробезопасность и взрывобезопасность химических производств. Инертные и негорючие растворители и среды проведения реакций, инертная атмосфера для заполнения аппаратов и производственных зданий.
19. Безопасное и взрывозащищенное электрооборудование.
20. Ослабление критических элементов установок для предотвращения развития взрыва, пассивные прерыватели горения и детонации.
21. Здания с легко разрушаемыми облегченными элементами конструкции для ослабления действия взрыва.
22. Бронекабины для взрывоопасного оборудования.
23. Обваловка крупных взрывоопасных установок и зданий для локализации взрыва.
24. Активные методы обеспечения пожаробезопасности и взрывобезопасности. Средства автоматического контроля, пожаротушения и взрывоподавления на начальных стадиях.
25. Спринклерные и дренчерные системы, гидропушки, автоматические системы подавления взрыва (АСПВ).
26. Комплекс профилактических мероприятий. Поведение руководящего и производственного персонала в условиях аварий и проведения аварийно-восстановительных и ремонтных работ.
27. Привлечение централизованных аварийно-спасательных, пожарных и газоспасательных служб.
28. Основные требования нормативов взрывобезопасности, методика их внедрения на производственных объектах.
29. Экспертиза проектной документации взрывоопасных производств, стандарты и требования к системе управления промышленной безопасностью и охраной труда.
30. Аварийные случаи на транспорте, их источники и причины, примеры крупных аварий.

31. Классификация опасных грузов, отнесение к классам опасности на основании испытаний по международным методикам.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Структура и примеры билетов для зачёта с оценкой

Зачёт с оценкой по дисциплине «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий» проводится в 10 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для зачёта с оценкой состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для зачёта с оценкой:

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий «__» _____ 202_г.	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий»
Билет № 1 1. Причины возникновения и развития аварий: развитие экзотермической реакции, внешнее тепловое, механическое, электрическое или иное энергетическое воздействие. Развитие процесса: воспламенение, горение, дефлаграция, детонация. 2. Тепловое излучение от пожаров и взрывов, огненный шар, критерии воспламенения тепловым излучением.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

- Акинин, Н. И. Прогнозирование взрывоопасности парогазовых смесей [Электронный ресурс] / Н. И. Акинин, И.В. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. - 175 с. - ISBN 978-5-7237-1161-7.
- Безопасность технологических процессов и оборудования [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э.М. Люманов [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111400>.
- Беляков Г. И. Пожарная безопасность. Учебное пособие для вузов, М.: Юрайт, 2019. – 143 с. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/pozharnaya-bezopasnost-433756>
- Андреев, К. К. Теория взрывчатых веществ [для химико-технологических специальностей вузов] [Текст] / К. К. Андреев, А. Ф. Беляев. - М. : Оборонгиз, 1960. - 595 с. (базовый учебник).
-

Б. Дополнительная литература:

1. Средства поражения и боеприпасы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Бабкин [и др.] ; под общ. ред. В.В. Селиванова. — Электрон. дан. — Москва: 2008. — 984 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106439>.
2. Селиванов, В.В. Взрывные технологии [Электронный ресурс] : учебник / В.В. Селиванов, И.Ф. Кобылкин, С.А. Новиков. — Электрон. дан. — Москва : , 2014. — 519 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106352>.
3. Лукьянов, В. Г. Взрывные работы: учебник для вузов. 2-е изд. [Электронный ресурс] – М.: Издательство Юрайт, 2019, 402 с. — ISBN 978-5-534-03748-7. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/vzryvnye-raboty-438700>.
4. Серушкин В.В., Синдицкий В.П. Термодинамика процессов горения и детонации. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2012, 112 с.
5. Б.Н. Кондриков "Химическая термодинамика горения и взрыва." МХТИ, 1980, 80 с.
6. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16 декабря 2013 г. N 605 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности при взрывных работах" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/70628432>.
7. Безопасность при взрывных работах. Сборник документов. Серия 13. Выпуск 1. 2-е изд. Госгортехнадзор России, 2009. — 248 с. Режим доступа http://www.opengost.ru/iso/13_gosty_iso/13230_gost_iso/5937-pb-13-407-01-edinye-pravila-bezopasnosti-pri-vzryvnyh-rabotah.html

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Физика горения и взрыва. ISSN: 0430-6228

Химическая физика. ISSN (print): 0207-401X

Горение и взрыв. ISSN: 2305-9117

Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087

Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822

Thermochimica Acta. ISSN: 0040-6031

Combustion and Flame. ISSN: 0010-2180

International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678

Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 25);

банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50).

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);

- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);

- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);

- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: конспекты лекций в электронном виде, электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему MicrosoftWindows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security длябизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное /вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение	<i>Знает:</i> – основные организационные и технические моменты обеспечения технологической безопасности производства энергосодержащих материалов;	Оценка на зачете.
Раздел 1.	<i>Знает:</i> – методики и алгоритмы оценки пожаро и взрывоопасности производства; <i>Умеет:</i> – определять категоричность опасности производственного процесса,	Оценка за контрольную работу; оценка на зачете.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	класс опасности основных и промежуточных продуктов; <i>Владеет:</i> – методами оценки вероятности поражения.	
Раздел 2.	<i>Знает:</i> – методики оценки опасности продуктов и грузов; <i>Умеет:</i> – оценивать энергетический эквивалент аварии по масштабам разрушений; <i>Владеет:</i> – алгоритмом расчета возможных разрушений и зон поражения различными поражающими факторами при авариях и взрывах; – методами оценки вероятности поражения.	Оценка за контрольную работу; оценка на зачете.
Раздел 3.	<i>Знает:</i> – методики и алгоритмы оценки пожаро и взрывоопасности производства; – основные организационные и технические моменты обеспечения технологической безопасности производства энергосодержащих материалов; – методики оценки опасности продуктов и грузов; <i>Умеет:</i> – определять категоричность опасности производственного процесса, класс опасности основных и промежуточных продуктов; – оценивать энергетический эквивалент аварии по масштабам разрушений; <i>Владеет:</i> – методами вычисления энергетического эквивалента аварии; методами оценки вероятности поражения. – алгоритмом расчета возможных разрушений и зон поражения различными поражающими факторами при авариях и взрывах;	Оценка за контрольную работу; оценка на зачете.
Раздел 4.	<i>Знает:</i> – основные организационные и технические моменты обеспечения технологической безопасности	Оценка за контрольную работу; оценка на зачете.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	производства энергосодержащих материалов; – методики оценки опасности продуктов и грузов; <i>Умеет:</i> – определять категоричность опасности производственного процесса, класс опасности основных и промежуточных продуктов.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Основы технологической безопасности производства
энергонасыщенных материалов и изделий»
основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»
код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»
наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Проектирование и оборудование производств энергонасыщенных
соединений и изделий»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

к.х.н., доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»
Юдиным Н.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота « 30 » мая 2024 г., протокол № 6 .

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	9
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	10
4.2. Содержание разделов дисциплины.....	11
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	13
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	17
8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины	17
8.2. Перечень тем курсовых проектов	17
8.3. Перечень заданий для текущего контроля.....	18
8.4. Примеры заданий для текущего контроля	18
8.5. Перечень заданий итогового контроля (зачет с оценкой)	19
8.6. Структура и пример билетов для зачета с оценкой	20
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	21
9.1. Рекомендуемая литература	21
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации	21
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	21
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	22
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	22
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе.....	22
11.2. Учебно-наглядные пособия:	22
11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	22
11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	22
11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения	23
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	23
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	27

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Проектирование и оборудование производств энергонасыщенных соединений и изделий» относится к дисциплинам специализации обязательной части учебного плана (Б1.О.38.04).

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общетеоретических дисциплин органической химии, процессов и аппаратов химической технологии, общей химической технологии.

Цель дисциплины «Проектирование и оборудование производств ЭНС и изделий» заключается в формировании у студентов знаний основ и особенностей проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов (ЭМ), специфических требований, учитываемых при создании проекта.

В ходе обучения студенты приобретают навыки по подготовке исходных данных для проектирования, составлению материального и теплового баланса, выбору технологической схемы производства ЭМ и выполнению курсового и дипломного проекта.

Основные задачи дисциплины:

- сформировать четкие представления о возможностях, решаемых задачах, областях применения, аппаратурном и технологическом оформлении и эксплуатации производства энергонасыщенных соединений;
- обучить навыкам проведения работ с использованием энергонасыщенных соединений.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью ознакомления обучающихся:

- Основными особенностями проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов. Специфическими требованиями, учитываемыми при создании проекта
- Пути внедрения научных разработок в производство, основными этапами внедрения.
- Составом исходных данных для проектирования.
- Методами составления материального баланса.
- Лимитирующими факторами проектирования.
- Методами составления теплового баланса.
- Очисткой и обезвреживанием сточных вод, регенерацией кислот и растворителей.

Дисциплина «Проектирование и оборудование производств ЭНС и изделий» преподаётся в 10 семестре и 11 семестре. Она включает лекции, практические занятия, курсовой проект (11 семестр) и самостоятельную работу. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть частично реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции;	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий. переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, свойств сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры; готов к обеспечению требований по техническому регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической технологии с учетом требований по техническому регулированию	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
контроль над соблюдением технологической дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий. переработки энергонасыщенных материалов и изделий.		ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору технологической схемы производства энергонасыщенных материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции;	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий. переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов.	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
контроль над соблюдением технологической дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.			ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

знать:

- основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов;
- основные этапы внедрения научных разработок в производство;
- принципы составления технического задания на проектирование опытной или пилотной установки, состав исходных данных для проектирования;
- принципы выбора схемы производства;
- методы составления теплового и материального баланса, расчета массообменных аппаратов для экстракции и процессов сушки;
- основные способы очистки и обезвреживания сточных вод, регенерации кислот и растворителей.

Уметь:

- использовать полученные знания для решения конкретных задач при проектировании производства энергоемких материалов;

Владеть:

- навыками по подготовке исходных данных для проектирования, составлению материального и теплового баланса, выбору технологической.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Всего		10 семестр		11 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	3	108	2	72
Контактная работа – аудиторные занятия:	1.0	36	0.89	32	0.11	4
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.28</i>	<i>10</i>	<i>0.17</i>	<i>6</i>	<i>0.11</i>	<i>4</i>
Лекции	0.56	20	0.56	20	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0.44	16	0.33	12	0.11	4
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.28</i>	<i>10</i>	<i>0.17</i>	<i>6</i>	<i>0.11</i>	<i>4</i>
Самостоятельная работа	4.0	144	2.11	76	1.89	68
Контактная самостоятельная работа	4.0	0.8	2.11	0.4	1.89	0.4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75.6		75.6		-
Курсовой проект		67.6		-		67.6
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>1.83</i>	<i>66</i>			<i>1.83</i>	<i>66</i>
Вид контроля:			Зачёт с оценкой		Курсовой проект	

Виды учебной работы	Всего		10 семестр		11 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	135	3	81	2	54
Контактная работа – аудиторные занятия:	1.0	27	0.89	24	0.11	3
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.28</i>	<i>7.5</i>	<i>0.17</i>	<i>4,5</i>	<i>0.11</i>	<i>3</i>
Лекции	0.56	15	0.56	15	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0.44	12	0.33	9	0.11	3
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.28</i>	<i>7,5</i>	<i>0.17</i>	<i>4,5</i>	<i>0.11</i>	<i>3</i>
Самостоятельная работа	4.0	108	2.11	57	1.89	51
Контактная самостоятельная работа	4.0	0.6	2.11	0.3	1.89	0.3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		56.7		56.7		-
Курсовой проект		50.7		-		50.7
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>1.83</i>	<i>49,5</i>			<i>1.83</i>	<i>49,5</i>
Вид контроля:			Зачёт с оценкой		Курсовой проект	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Практ. занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1	Введение.	1		1	-		-	-
2	Раздел 1. Путь внедрения научных разработок в производство, основные этапы	3		2	1		-	-
3	Раздел 2. Техническое задание на проектирование опытной или пилотной установки	5		3	2		-	-
4	Раздел 3. Состав исходных данных для проектирования	5		3	2		-	-
5	Раздел 4. Курсовое и дипломное проектирование	5	2	3	2	2	-	-
6	Раздел 5. Методы составления материального баланса	5	2	3	2	2	-	-

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практ. занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа	в т.ч. в форме пр. подг.
7	Раздел 6. Методы составления теплового баланса	5	2	3	2	2	-	-
8	Раздел 7. Защита окружающей среды	3		2	1		-	-
9	Курсовой проект	72	72		4	4	68	66
	Всего часов	180	76	20	16	10	144	66

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение

Основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов. Специфические требования, учитываемые при создании проекта (категорийность зданий, необходимость устройства обваловок и иных защитных сооружений, ограничение количества взрывчатых материалов, находящихся в здании).

Раздел 1. Путь внедрения научных разработок в производство, основные этапы

Научный поиск, разработка технологии в лабораторных условиях, патентная проработка, изучение рынка потребителей продукции, источников и стоимости сырья, оборудования и готовой продукции.

Оценка безопасности возможных процессов с точки зрения пожаро- и взрывобезопасности, охраны труда (токсичности исходных, промежуточных, побочных продуктов и готовой продукции), охрана окружающей среды.

Наработка опытной партии ее испытания, подготовка бизнес-плана и исходных данных для проектирования производства, патентование способа получения, технологии и оборудования.

Раздел 2. Техническое задание на проектирование опытной или пилотной установки

Технологические параметры проектируемого производства, требования к материалам, требования к надежности, необходимые средства автоматизации и контроля параметров. Требования технологической безопасности, охраны природы, ремонтпригодность оборудования, условия эксплуатации.

Раздел 3. Состав исходных данных для проектирования

Характеристики выполненных НИОКР, обоснование рекомендуемого метода производства в сравнении с известными способами, рекомендации по правилам технологической безопасности, химизм процесса, физико-химические основы, принципиальная технологическая схема производства, рабочие параметры, материальный баланс и расходные коэффициенты, данные для расчета, конструирования и выбора основного оборудования, рекомендации по аналитическому контролю в производстве, мероприятия по технике безопасности и охране окружающей среды.

Раздел 4. Курсовое и дипломное проектирование

Тематика проектов. Объем проекта: расчетно-пояснительная записка, технологическая часть, графическая часть (схема технологическая принципиальная, схема автоматизации производства, чертеж одного из аппаратов с входящими в него сборочными единицами и деталями). Выбор периодической либо непрерывной схем, обоснование с учетом требуемой производительности. Выбор оптимальных технических решений, использование проточной и противоточной схем, рециркуляция отработанных реакционных сред, выбор типа реактора (смешения, вытеснения, адиабатические реакторы,

реакторы с отдельными и совмещенными сепараторами, аппараты для каталитических процессов, и т.д.)

Раздел 5. Методы составления материального баланса

Лимитирующие факторы – скорость химической реакции или отвод (подвод) тепла от реактора. Расчет полного объема аппаратов с учетом запаса на случай вспенивания, изменений в рецептуре, временного замедления выхода реакционной массы из аппарата, необходимости аварийного прекращения процесса путем разбавления реакционной массы. Расчет числа и объема емкостей для аварийного слива, времени опорожнения аппарата в случае аварии. Определение суточной и часовой производительности цеха с учетом числа рабочих дней в году и числа смен. Определения числа и объема основных аппаратов. Механический и прочностной расчеты реактора. Выбор типа перемешивающего устройства для емкостных аппаратов, расчет потребной мощности электродвигателя, механический расчет перемешивающего устройства.

Раздел 6. Методы составления теплового баланса

Использование практических данных, расчет теплоты реакции по энтальпиям образования веществ, учет теплоты разбавления серной и азотной кислот, теплота кристаллизации. Выбор типа теплообменного устройства (рубашки, змеевики). Расчет необходимой поверхности теплообмена исходя из теплового потока, гидродинамических условий в объеме реактора и змеевике (рубашке) и коэффициентов теплопередачи.

Раздел 7. Защита окружающей среды

Очистка и обезвреживание сточных вод, регенерация кислот и растворителей. Способы удаления и обезвреживания содержащихся в них нитросоединений.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел						
		1	2	3	4	5	6	7
	Знать:							
1	основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов;	+						
2	основные этапы внедрения научных разработок в производство;	+						
3	принципы составления технического задания на проектирование опытной или пилотной установки, состав исходных данных для проектирования; принципы выбора схемы производства;		+	+				
4	принципы выбора схемы производства;	+	+	+	+	+	+	+
	Уметь:							
5	использовать полученные знания для решения конкретных задач при проектировании производства энергоемких материалов;	+	+	+	+	+	+	+
	Владеть:							
6	навыками по подготовке исходных данных для проектирования, составлению материального и теплового баланса, выбору технологической схемы		+	+	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные и профессиональные компетенции:		Раздел						
			1	2	3	4	5	6	7
7	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, свойств сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры;	УК-2.3 Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.				+	+	+	
		УК-2.4 Умеет определять ожидаемые результаты проектирования элементов оборудования химической промышленности.	+	+	+	+	+	+	
		УК-2.6 Умеет решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время.		+	+				+
		УК-2.7 Умеет публично представлять результаты решения конкретной задачи проекта.	+	+					
		УК-2.10 Владеет навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности.				+	+	+	
	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел						
			1	2	3	4	5	6	7
10	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, свойств	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования	+	+	+	+	+	+	+

	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел						
			1	2	3	4	5	6	7
	сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры;	предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности							
	готов к обеспечению требований по техническому регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической технологии с учетом требований по техническому регулированию	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору	+	+	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел						
		1	2	3	4	5	6	7
	технологической схемы производства энергонасыщенных материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий							
ПК-5 Готов синтезировать и исследовать физико-химические, взрывчатые свойства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов;	+	+	+	+	+	+	+
	ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных	+	+	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел						
		1	2	3	4	5	6	7
	материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов.;							
	ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объёму производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение практических занятий в курсе «Проектирование и оборудование производств ЭНС и изделий» в объёме 12 часов (0,33 зач. ед.) в 10 семестре и 4 часа в 11 семестре. Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, приобретение навыков решения ряда практических задач в области проектирования производства ЭНС и изделий.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	Раздел 1	Путь внедрения научных разработок в производство, основные этапы	1
2	Раздел 2	Подготовка технического задания на проектирование опытной или пилотной установки	2
3	Раздел 3	Подготовка исходных данных для проектирования	2
4	Раздел 4	Курсовое и дипломное проектирование	6
5	Раздел 5	Составление материального баланса	2
6	Раздел 6	Составление теплового баланса	2
7	Раздел 7	Меры по защите окружающей среды	1

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 144 часов, в том числе 68 часов для выполнения курсового проекта в области производства ЭНС и изделий.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины

Контроль освоения теоретических и практических разделов дисциплины, осуществляется по результатам трех контрольных опросов (КО) на практических занятиях, зачета с оценкой и защиты курсового проекта.

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

Вид контроля	КО №1	КО №2	КО №3	Σ
Баллы	20	20	20	60

По итогам защиты курсового проекта обучающийся может набрать 100 баллов.

Итоговый контроль освоения теоретических разделов дисциплины – зачет с оценкой. Максимальная оценка на зачете - 40 баллов.

8.2. Перечень тем курсовых проектов

1. Спроектировать мастерскую стадии нитрации производства нитробензола производительность 50 т.т. в год по готовому продукту.
2. Спроектировать мастерскую стадии промывки и сушки производства нитробензола производительность 50 т.т. в год по готовому продукту.
3. Спроектировать мастерскую стадии промывки и сушки производства динитротолуола производительность 50 т.т. в год по готовому продукту.
4. Спроектировать стадию регенерации серной кислоты производительностью 100 т.т. в год.
5. Спроектировать установку по производству порэмитов (5000т/год).
6. Спроектировать мастерскую основной стадии получения ЭМ (несколько вариантов ЭМ и производительности).
7. Спроектировать мастерскую перекристаллизации ЭМ (несколько вариантов ЭМ и производительности).
8. Спроектировать мастерскую сушки ЭМ (несколько вариантов ЭМ и производительности).
9. Спроектировать мастерскую флегматизации ЭМ (несколько вариантов ЭМ и производительности).

8.3. Перечень заданий для текущего контроля

1. Основные этапы внедрения научных разработок в производство.
2. Основные разделы технического задания на проектирование опытной или пилотной установки производства ЭМ.
3. Технологические параметры проектируемого производства ЭМ.
4. Требования к материалам проектируемого производства ЭМ.
5. Требования технологической безопасности проектируемого производства ЭМ.
6. Подготовка исходных данных для проектирования.
7. Обоснование рекомендуемого метода производства ЭМ.
8. Рекомендации по правилам технологической безопасности производства ЭМ.
9. Требования к условиям эксплуатации оборудования для производства ЭМ.
10. Принципиальная технологическая схема производства нитросоединений.
11. Данные для расчета, конструирования и выбора основного оборудования для различных стадий производства ЭМ.
12. Типы нитраторов, используемые в производствах нитросоединений.
13. Методы сушки различных ЭМ.
14. Методы перекристаллизации различных ЭМ.
15. Методы флегматизации различных ЭМ.
16. Рекомендации по аналитическому контролю в производстве ЭМ.
17. Мероприятия по технике безопасности в производстве ЭМ.
18. Мероприятия по охране окружающей среды в производстве ЭМ.
19. Разделы и содержание расчетно-пояснительной записки к курсовому проекту.
20. Обоснование выбора периодической либо непрерывной схемы, производства ЭМ.
21. Обоснование использования прямоточной и противоточной схем в производстве ЭМ.
22. Рециркуляция отработанных реакционных сред.
23. Обоснование выбора типа реактора.
24. Лимитирующие факторы при составлении материального баланса.
25. Особенности расчета полного объема аппаратов для производства ЭМ.
26. Определение числа и объема основных аппаратов.
27. Механический и прочностной расчеты реактора.
28. Выбор типа перемешивающего устройства для емкостных аппаратов.
29. Расчет потребной мощности электродвигателя.
30. Механический расчет перемешивающего устройства.
31. Расчет теплоты реакции по энтальпиям образования веществ.
32. Теплоты разбавления серной и азотной кислот.
33. Теплота кристаллизации.
34. Выбор типа теплообменного устройства.
35. Расчет необходимой поверхности теплообмена.
36. Очистка и обезвреживание сточных вод.
37. Регенерация кислот.
38. Регенерация растворителей.
39. Способы удаления и обезвреживания нитросоединений, содержащихся в отработанных кислотах и растворителях.

8.4. Примеры заданий для текущего контроля

Контрольный опрос по содержанию разделов 1, 2.

Вариант №1

1. Основные этапы внедрения научных разработок в производство.
2. Требования к материалам проектируемого производства ЭМ.

Оценка за контрольный опрос

Вопрос	1	2	Σ
Баллы	10	10	20

Контрольный опрос по содержанию разделов 3, 4.

Вариант №1

1. Подготовка исходных данных для проектирования.
2. Разделы и содержание расчетно-пояснительной записки к курсовому проекту.

Оценка за контрольный опрос

Вопрос	1	2	Σ
Баллы	10	10	20

Контрольный опрос по содержанию разделов 5, 6, 7.

Вариант №1

1. Лимитирующие факторы при составлении материального баланса.
2. Выбор типа перемешивающего устройства для емкостных аппаратов.
3. Очистка и обезвреживание сточных вод.

Оценка за контрольный опрос

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	7	7	6	20

8.5. Перечень заданий итогового контроля (зачет с оценкой)

1. Основные стадии проектирования производств ЭМ.
2. Какими нормативными документами определяется последовательность проектирования производств.
3. Какими причинами вызывается необходимость создания нового проекта.
4. Перечислите основные документы входящие в техническую документацию.
5. Что представляют собой исходные данные на проектирование.
6. Что такое ТУ, их состав и требования к оформлению.
7. Какие типы нитраторов используют в производствах нитросоединений. Принцип выбора.
8. Какие перемешивающие устройства используют в производствах нитросоединений. Чем определяется выбор.
9. Какие устройства для фильтрации используют в производствах нитросоединений. Чем определяется их выбор.
10. Какие устройства для сушки используют в производствах нитросоединений. Чем определяется их выбор.
11. Опишите устройство (схему) цеха по производству ЭМ.
12. Опишите устройство (схему) цеха снаряжения.
13. Какие типы систем нагрева/охлаждения используются в нитраторах. Теплоносители, область применения, достоинства и недостатки.
14. Понятие о флегматизации ВВ, схема реализации на производстве.
15. Опишите устройства цеха по производству ЭМ.
16. Материальный баланс, метод расчета, необходимые данные.
17. Тепловой баланс, метод расчета, необходимые данные.

18. Принцип расчета теплообменной аппаратуры.
19. Принцип и схема моделирования химических процессов.
20. Принципы расчета трубопроводной аппаратуры.
21. Дозирующие устройства. Типы, выбор.
22. Оборудование для измельчения компонентов. Области применения.
23. Оборудование для смешения компонентов при снаряжении и изготовлении промышленных ВВ.
24. Меры по обеспечению безопасного ведения процесса при производстве ЭМ
25. Пассивные меры безопасности применяемые при создании производства ЭМ.
26. Принципы построения цеха производства нитраминов (на примере).
27. Принципы построения цеха производства жидких нитроэфиров (на примере).
28. Принципы построения цеха производства ароматических нитросоединений (на примере).
29. Принципы построения цеха производства промышленных ВВ (на примере).
30. Роль заводской лаборатории в производстве.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.6. Структура и пример билетов для зачета с оценкой

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме зачета с оценкой. Зачет по дисциплине «Проектирование и оборудование производств ЭНС и изделий» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет состоит из 3-х вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответ на первые два вопроса билета оценивается по 14 баллов, третий – 12 баллов. Суммарная максимальная оценка 40 баллов. Общая оценка складывается путем суммирования оценок за контрольные опросы и ответа на зачете. Максимальная оценка знаний – 100 баллов. Оценка за курсовой проект складывается из оценки за расчетно-пояснительную записку – 30 баллов, графическую часть (схема технологическая принципиальная, схема автоматизации производства, чертеж одного из аппаратов с входящими в него сборочными единицами и деталями) – 30 баллов и оценки на защите проекта – 40 баллов. Суммарная максимальная оценка за выполнение курсового проекта – 100 баллов.

Пример билета

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Проектирование и оборудование производств ЭНС и изделий»
БИЛЕТ №1 1. Основные стадии проектирования производств ЭМ. 2. Что представляют собой исходные данные на проектирование. 3. Какие устройства для сушки используют в производствах нитросоединений. Чем определяется их выбор.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / ред. Ю. И. Дытнерский. - 4-е изд., стер., Перепеч. с изд. 1991 г. - М. : Альянс, 2008. - 493 с.
2. Ситкин, А.И. Технология и оборудование производств бризантных взрывчатых веществ [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Ситкин. – Электрон. дан. – Казань : КНИТУ, 2011. — 147 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/13341>.
3. Основы проектирования химических производств: учебник для вузов / В. И. Косинцев [и др.] – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2011. - 396 с.

Б. Дополнительная литература:

1. Процессы и аппараты химической технологии / Ред. А.И. Михайлов. / Ред. В.В. Кафаров. - М. : ВИНТИ, 1987. - 160 с.
2. Збарский, В. Л. Толуол и его нитропроизводные / В.Л. Збарский , В.Ф. Жилин . - М. : Эдиториал УРСС., 2000. - 272 с .
3. Генералов, М.Б. Химические реакторы производств нитропродуктов: учебное пособие для вузов / М.Б Генералов, В.С. Силин ; - М. : Академкнига, 2004. – 392 с.
4. Орлова Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ / -Л.: Химия, 1973. –688 с.
5. Орлова Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ / –Л.: Химия, 1981. –312 с.
6. Жилин В.Ф., Збарский В.Л. Химия и технология ароматических нитросоединений. Учеб. пособие / М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2004. – 112 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал «Боеприпасы» ISSN 2073-6649
- Журнал «Боеприпасы и спецхимия» ISSN 1995-154X
- Журнал «Боеприпасы и высокоэнергетические конденсированные системы» ISSN: 1999-6500
- Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087
- Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822
- International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678
- Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- слайды и компьютерные презентации лекций – банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);
- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);
- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);

- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Проектирование и оборудование производств ЭНС и изделий» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Макеты и технологические схемы.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное /вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение	Знает: - основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов.	Защита курсового проекта; зачет с оценкой.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Путь внедрения научных разработок в производство, основные этапы	Знает: - основные этапы внедрения научных разработок в производство; - принципы составления технического задания на проектирование опытной или пилотной установки, состав исходных данных для проектирования; Умеет: - использовать полученные знания для решения конкретных задач при проектировании производства энергоемких материалов;	Защита курсового проекта; зачет с оценкой.
Раздел 2. Техническое задание на проектирование опытной или пилотной установки	Знает: - основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов; - принципы составления технического задания на проектирование опытной или пилотной установки, состав исходных данных для проектирования; Умеет: - использовать полученные знания для решения конкретных задач при проектировании производства энергоемких материалов; Владеет: - навыками по подготовке исходных данных для проектирования, составлению материального и теплового баланса, выбору технологической схемы производства ЭМ и выполнению курсового и дипломного проекта.	Защита курсового проекта; зачет с оценкой.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 3. Состав исходных данных для проектирования	Знает: - принципы составления технического задания на проектирование опытной или пилотной установки, состав исходных данных для проектирования; - принципы выбора схемы производства; Умеет: - использовать полученные знания для решения конкретных задач при проектировании производства энергоемких материалов; Владеет: - навыками по подготовке исходных данных для проектирования, составлению материального и теплового баланса, выбору технологической схемы производства ЭМ и выполнению курсового и дипломного проекта.	Защита курсового проекта; зачет с оценкой.
Раздел 4. Курсовое и дипломное проектирование	Знает: - принципы выбора схемы производства; Умеет: - использовать полученные знания для решения конкретных задач при проектировании производства энергоемких материалов; Владеет: - навыками по подготовке исходных данных для проектирования, составлению материального и теплового баланса, выбору технологической схемы производства ЭМ и выполнению курсового и дипломного проекта.	Защита курсового проекта; зачет с оценкой.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 5. Методы составления материального баланса	Знает: - методы составления теплового и материального баланса, расчета массообменных аппаратов для экстракции и процессов сушки; Умеет: - использовать полученные знания для решения конкретных задач при проектировании производства энергоемких материалов; Владеет: - навыками по подготовке исходных данных для проектирования, составлению материального и теплового баланса, выбору технологической схемы производства ЭМ и выполнению курсового и дипломного проекта.	Защита курсового проекта; зачет с оценкой.
Раздел 6. Методы составления теплового баланса	Знает: - методы составления теплового и материального баланса, расчета массообменных аппаратов для экстракции и процессов сушки; Умеет: - использовать полученные знания для решения конкретных задач при проектировании производства энергоемких материалов; Владеет: - навыками по подготовке исходных данных для проектирования, составлению материального и теплового баланса, выбору технологической схемы производства ЭМ и выполнению курсового и дипломного проекта.	Защита курсового проекта; зачет с оценкой.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 7. Защита окружающей среды	Знает: - основные способы очистки и обезвреживания сточных вод, регенерации кислот и растворителей; Умеет: - использовать полученные знания для решения конкретных задач при проектировании производства энергоемких материалов; Владеет: - навыками по подготовке исходных данных для проектирования, составлению материального и теплового баланса, выбору технологической схемы производства ЭМ и выполнению курсового и дипломного проекта.	Защита курсового проекта; зачет с оценкой.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Проектирование и оборудование производств энергонасыщенных
соединений и изделий»

основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных
материалов»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

к.х.н., доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»

Юдиным Н.В.,

доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,

Рудаковым Г.Ф.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2.	ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
3.	ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	10
4.	СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
	4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	10
	4.2. Содержание разделов дисциплины.....	13
5.	СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	16
6.	ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	19
	6.1. Практические занятия	19
	6.2. Лабораторные работы	20
7.	САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	21
8.	ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21
	8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины	21
	8.1.1. Перечень вопросов для контрольных опросов	22
	8.1.2. Перечень вопросов для контрольной работы	24
	8.1.3. Примеры контрольных работ.....	24
	8.2. Примерный перечень вопросов для зачета с оценкой	25
9.	УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	28
	9.1. Рекомендуемая литература	28
	9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации	29
	9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	29
10.	ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	29
11.	МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	31
	11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе.....	31
	11.2. Учебно-наглядные пособия:	31
	11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	32
	11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	32
	11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения	32
12.	ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	34
13.	ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	36

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных материалов» относится к формируемой участниками образовательных отношений части дисциплин учебного плана (Б1.В.07).

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общетеоретических дисциплин органической, физической и аналитической химии, физики, а также профилирующей дисциплины «Химия энергонасыщенных соединений». Знания, полученные при изучении дисциплины, являются основой для последующего выполнения студентами специальных дисциплин, «Научно-исследовательский практикум» и выпускной квалификационной работы.

Цель дисциплины «Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных материалов»:

- ознакомление с теоретическими основами и аппаратным оформлением основных физико-химических методов анализа: масс-спектрометрии, оптической спектроскопии и импульсной спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР);
- ознакомление с задачами, решаемыми с помощью химических и физико-химических методов анализа для высокоэнергетических (ВЭ) материалов;
- организация контроля качества целевых продуктов и реакционных масс их получения;
- установление строения и основных физических характеристик новых соединений;
- использование физико-химических методов анализа для обнаружения и идентификации ВЭ материалов при их несанкционированном хранении, перевозках и исследовании остатков после взрывов для предотвращения противоправной деятельности.

Основные задачи дисциплины:

- сформировать четкие представления о возможностях, решаемых задачах, областях применения, аппаратном оформлении и теоретических основах основных химических и физико-химических методов анализа энергонасыщенных материалов (ЭМ);
- обучить навыкам проведения работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения производственных, научно-исследовательских и криминалистических задач.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью ознакомления обучающихся:

- 1) с физико-химическими основами разделения ЭМ методами жидкостной и газовой хроматографии;

- 2) с основами масс-спектропии ЭМ и конструктивными особенностями современных масс-спектрометров;
- 3) с теоретическими основами электронной и молекулярной спектроскопии в применении к обнаружению и идентификации ЭМ;
- 4) с современными подходами установления строения ЭМ методами ЯМР спектроскопии;
- 5) с теоретическими основами РСА и РФА;
- 6) с методическими особенностями проведения анализа энергонасыщенных материалов и смесей методами ИК, УФ, ЖХ и ГХМС спектроскопии;
- 7) с практической методологией обнаружения ЭМ методами качественных химических реакций.

Дисциплина «Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных материалов» преподается в 9 семестре, включает лекции, практические занятия и лабораторный практикум. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть частично реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
- Участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее - НИОКР), направленных на совершенствование получения и использования энергонасыщенных материалов и изделий и изучение их свойств; - разработка программ, методик, технических средств для проведения исследований свойств существующих и новых энергонасыщенных материалов и изделий; - обработка и анализ результатов экспериментальных исследований, формулирование выводов, подготовка отчетов и публикаций о результатах	Индивидуальные и смесевые энергонасыщенные материалы и изделия на их основе; расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК- 1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований; ПК-1.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; использовать современные оборудование и приборы для проведения необходимых экспериментальных исследований; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада;	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. В /02.6. Проведение работ по обработке и анализу научно-технической

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
исследований, защита интеллектуальной собственности; - участие во внедрении результатов НИОКР; - поиск и анализ научно-технической информации в области энергонасыщенных материалов и изделий с целью научно-практической и патентной поддержки проводимых исследований.		публичных обсуждений, формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ПК-1.3 Владеет навыками изучения и обобщения научно-технической информации по тематике исследований; современными методами обработки данных; принципами разработки экспериментальных методик и программ для проведения научных исследований; практическими навыками применения современного оборудования и приборов; приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	информации и результатов исследований
Тип задач профессиональной деятельности: экспертно-аналитический				
Участие в экспертизе аварийных ситуаций при работах с энергонасыщенными материалами и изделиями; участие в экспертизе чрезвычайных ситуаций, имевших место с использованием	Расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов	ПК-3 Способен в составе группы проводить экспертизы происшествий с участием энергонасыщенных материалов и изделий	ПК-3.1 Знает теоретические основы современных методов химического и физико-химического анализа и их использования для идентификации энергонасыщенных материалов; методы оценки эффективности энергонасыщенных	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
энергонасыщенных материалов.			материалов по их физико-химическим свойствам и области их использования; характеристики основных устройств и изделий, использующих энергию горения и взрыва; ПК-3.2 Умеет использовать имеющееся специальное оборудование и современные приборы физико-химического анализа для исследования энергонасыщенных материалов и изделий на их основе; решать прямые и обратные задачи взрыва энергонасыщенных материалов в различных средах; ПК-3.3 Владеет методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных материалов; навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
			химических методов анализа для решения криминалистических задач; навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов.	

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

Знать:

- теоретические основы современных методов химического и физико-химического анализа высокоэнергетических веществ;
- современные физико-химические и специальные методы исследования высокоэнергетических веществ и изделий на их основе;
- методы испытаний и контроля параметров технологических процессов;
- методы обработки полученных результатов, работы с библиотеками спектральных данных и их использования для идентификации ВЭ соединений;

Уметь:

- использовать имеющееся специальное оборудование и приборы физико-химического анализа для исследования ВЭС и изделий на их основе.

Владеть:

- навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения производственных, научно-исследовательских и криминалистических задач;
- принципами разработки методик и программ для решения аналитических задач в области ВЭ материалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1.8	64	48
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.5</i>	<i>18</i>	<i>13,5</i>
Лекции	0.45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0.45	16	12
Лабораторные занятия (ЛР)	0.9	32	24
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.5</i>	<i>18</i>	<i>13,5</i>
Самостоятельная работа	3.2	116	87
Контактная самостоятельная работа	3.2	0.4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		115.6	86,7
Экзамен	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-
Подготовка к экзамену.		-	-
Вид контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек-ции	Практ. занятия	Лабораторные работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Введение.	9		1	2			6
	Раздел 1. Оптическая спектроскопия ЭМ	24	4	2	2	8	4	12

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практ. занятия	Лабора- торные работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.1	Основные положения электронной спектроскопии в применении к обнаружению и идентификации энергонасыщенных материалов. Подготовка проб для анализа ЭМ.	12	2	1	1	4	2	6
1.2	Основные положения молекулярной спектроскопии в применении к обнаружению и идентификации ЭМ. Подготовка проб для анализа ЭМ.	12	2	1	1	4	2	6
	Раздел 2. Хроматографические методы анализа ЭС	42	6	3	3	12	6	24
2.1	Использование хроматографических методов при анализе ЭС.	7		0,5	0,5			6
2.2	Тонкослойная хроматография в применении к обнаружению ЭС	11	2	0,5	0,5	4	2	6
2.3	Газо-жидкостная жидкостная хроматография при анализе ЭС	12	2	1	1	4	2	6
2.4	Высокоэффективная жидкостная хроматография при анализе ЭС	12	2	1	1	4	2	6
	Раздел 3. Масс-спектрометрия ЭМ	32	4	3	3	8	4	18
3.1	Использование и основные возможности масс-спектрометрии ЭМ.	8		1	1			6

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практ. занятия	Лабора- торные работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
3.2	Хромато-масс-спектрометрия, основные конструктивные особенности, применение при анализе ЭМ.	12	2	1	1	4	2	6
3.3	Методология анализа при определении ЭМ. Обработка и интерпретация масс-спектров.	12	2	1	1	4	2	6
	Раздел 4. Спектроскопия ЯМР, на атомах Н, С, N при установлении структуры ЭС	16		2	2			12
4.1	Основные положения и виды спектроскопии ЯМР	8		1	1			6
4.2	Двумерная ЯМР спектроскопия	8		1	1			6
	Раздел 5. Рентгенофлуорес- центные и рентгенодифракцион- ные методы	16		2	2			12
5.1	Основные принципы и возможности рентгенодифракционных методов при анализе и идентификации ЭС	8		1	1			6
5.2	Основные принципы и возможности рентгенофлуоресцентных методов при анализе и идентификации ЭС	8		1	1			6
	Раздел 6. Химические методы обнаружения ЭС	26	4	2	2	4	4	18
6.1	Особенности обнаружения нитросоединений	10	2	1	1	2	2	6

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практ. занятия	Лабора- торные работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
6.2	Обнаружение пероксидов	8	1	0,5	0,5	1	1	6
6.3	Обнаружение неорганических энергоемких соединений	8	1	0,5	0,5	1	1	6
	Подготовка к зачету	14						14
	Всего часов	180	18	16	16	32	18	116

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение

Структура дисциплины, литература по дисциплине. Возможности ФХМА при анализе ЭМ. Области использования ФХМА при анализе ЭМ.

Раздел 1. Оптическая спектроскопия энергонасыщенных материалов

- 1.1. Основные положения электронной спектроскопии в применении к обнаружению и идентификации энергонасыщенных материалов (ЭМ). Спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой области. Характерные области поглощения разных классов ЭМ, зависимость спектров ЭМ от их строения.
- 1.2. Основные положения молекулярной спектроскопии в применении к обнаружению и идентификации ЭМ. Инфракрасная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеивания. Введение в теоретические основы методов, некоторые особенности конструкции приборов, фурье-спектрометры. Использование оптических методов для качественного и количественного анализа органических соединений. Методы обработки полученных данных, библиотеки спектров и их использование для идентификации органических соединений.

Раздел 2. Хроматографические методы анализа ЭС

- 2.1. Использование хроматографических методов (тонкослойная, жидкостная и газо-жидкостная хроматография) при анализе ЭС. Их возможности и использование в научно-исследовательской работе, в производственной практике и для обнаружения следовых количеств ЭМ в криминалистике и экологическом контроле. Обработка хроматограмм, основные хроматографические параметры, нулевая (базовая) линия, шум, дрейф нулевой линии, хроматографический пик, основание пика, площадь пика, высота пика, ширина пика, объем удерживания вещества, мертвый объем, приведенный объем удерживания, абсолютное время удерживания вещества, мертвое время, приведенное время удерживания, эффективность хроматографической системы, число теоретических тарелок, фактор удерживания (коэффициент емкости), селективность, коэффициент асимметрии, разрешение пиков, построение калибровочной зависимости, абсолютная калибровка, внутренний стандарт, внешний стандарт, нормировка, количественный анализ. Использование программного обеспечения (Xcalibur и Мультихром) при построении метода анализа и обработке хроматограмм.
- 2.2. Тонкослойная хроматография (ТСХ) в применении к анализу и обнаружению ЭС. Основные типы пластин для ТСХ, выбор пластин для анализа ЭС. Составы элюентов для определения ЭМ методом ТСХ, принцип выбора элюента, влияние химических свойств ЭМ, гидролитическая стабильность ЭМ. Техника выполнения анализа ЭМ методом ТСХ, подготовка и нанесение проб. Использование образцов

сравнения. Чувствительность метода к разным классам ЭМ. Методы визуализации хроматограмм ЭМ. Связь метода визуализации с химическими свойствами и спектральными свойствами ЭМ (классы нитрамин, нитроэфиров и полинитроароматических соединений). Проявляющие реагенты – раствор дифениламина, растворы оснований, реактив Грисса. Количественные методы в тонкослойной хроматографии – денситометрия, ограничения метода, аппаратная и программная реализация метода.

- 2.3. Высокоточная жидкостная в применении к анализу и обнаружению ЭС. Принцип работы и устройство жидкостного хроматографа, типы хроматографов (ВЭЖХ, и СВЭЖХ). Основные типы хроматографических колонок, выбор колонки для анализа ЭС. Составы элюентов для определения ЭМ методом ЖХ, принцип выбора элюента, влияние химических свойств ЭМ, гидролитическая стабильность ЭМ. Техника выполнения анализа ЭМ методом ВЭЖХ, подготовка проб, центрифугирование, фильтрация, твердофазная экстракция. Основные типы детекторов для ВЭЖХ – спектрофотометрический, диодная матрица, рефрактометрический и детектор по светорассеиванию, принцип действия, области применения при анализе ЭМ, ограничения, чувствительность и диапазон линейности. Чувствительность метода к разным классам ЭМ.
- 2.4. Газовая и газожидкостная хроматография в применении к анализу и обнаружению ЭС. Принцип работы и устройство газового хроматографа. Основные типы хроматографических колонок, выбор колонки для анализа ЭС. Выбор условий анализа, влияние термической стойкости и полярности ЭМ, выбор температуры термостата, изотермический и программируемый режим, влияние температуры испарителя и детектора. Техника выполнения анализа ЭМ методом ВЭЖХ, подготовка проб, центрифугирование, фильтрация, твердофазная экстракция. Использование методов ввода равновесного пара и твердофазной микроэкстракции для анализа летучих компонентов ЭМ и продуктов их превращения. Универсальные и селективные детекторы, их применение при анализе ЭМ, преимущества селективных детекторов. Основные типы детекторов – детектор по теплопроводности, пламенно-ионизационный детектор, азотно-фосфорный детектор, пламенно-фотометрический детектор, детектор электронного захвата, принцип действия, области применения при анализе ЭМ, ограничения, чувствительность и диапазон линейности. Чувствительность метода к разным классам ЭМ.

Раздел 3. Масс-спектрометрия ЭМ

- 3.1. Использование и основные возможности масс-спектрометрии ЭМ. Введение в теоретические основы масс-спектрометрии, конструкция и принцип работы основных типов селекторов ионов: квадруполь, ионная ловушка, времяпролетный, магнитный, массовое разрешение. Краткая характеристика информации, получаемой в методах масс-спектрометрии и хромато-масс-спектрометрии - прямое измерение молекулярной массы вещества, использование масс-спектрометрии высокого разрешения для получения точного значения молекулярной массы и расчет брутто-формулы вещества, разделение аналитического сигнала образцов во времени, изучение ряда термодинамических процессов (испарение, сублимация). Особенности масс-спектров нитросоединений, характерные ионы и схемы фрагментации. Основные методы ионизации в масс-спектрометрии: «Жесткие» - ионизация электронами (ИЭ, EI) индуктивно-связанной плазмой (ICP) и «Мягкие» - химическая ионизация (ХИ, CI), химическая ионизация при атмосферном давлении (ХИАД, APCI), матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация (МАЛДИ, MALDI), ионизация электрораспылением (ИЭР, ESI) Принципиальная схема ионного источника.
- 3.2. Краткие сведения о газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС), стыковка хроматографа и масс-спектрометра, ограничения, накладываемые на метод анализа.

Краткие сведения о жидкостной хромато-масс-спектрометрии (ЖХ-МС), стыковка хроматографа и масс-спектрометра, ограничения и специфика ЖХ-МС анализа, области применения ЖХ-МС. Основные интерфейсы - ESI и APCI.

- 3.3. Создание метода проведения анализа в случае определения ЭМ. Обработка и интерпретация масс-спектров. Выделение молекулярного иона, анализ ионов-аддуктов. Использование масс спектроскопии при установлении структуры веществ, использование библиотек масс-спектров. Базовые принципы использования программного обеспечения Xcalibur. Методы с регистрацией полного спектра (TIC), выбранных ионов (SIM) и ионных реакций (SRM), основные принципы создания метода, схема проведения МСⁿ эксперимента.

Раздел 4. Спектроскопия ЯМР на атомах Н, С, N при установлении структуры ЭС

- 4.1. Основные положения и виды спектроскопии ЯМР. Теоретические основы ЯМР эксперимента. Квантово-механическое и макроскопическое рассмотрение. Магнитные свойства ядер. Эффект Зеемана. Уравнения Блоха. Преобразование Фурье-ЯМР. Взаимодействие между намагниченностью и дополнительным полем (RF). Релаксация ядерной намагниченности.
- 4.2. Основные параметры ¹H ЯМР. Химический сдвиг. Факторы, определяющие положение химического сдвига. Магнитная анизотропия функциональных групп и атомов. Спин-спиновое взаимодействие. Мультиплетность сигналов. Классификация спиновых систем. Ядерный эффект Оверхаузера. ЯМР эксперименты на ядрах ¹³C, ¹⁵N и ¹⁴N. Характеристики ядер, шкалы химических сдвигов, стандарты.
- 4.3. Практические аспекты ЯМР. Конструктивные особенности современных ЯМР-спектрометров. Регистрация и обработка данных. Выбор метода, растворителя, температуры. Интерпретация результатов. Программные средства для расчета спектров ЯМР.
- 4.4. Двумерная ЯМР спектроскопия. Общие понятия о корреляционной ЯМР спектроскопии. Гомоядерная (COSY, TOCSY, INADEQUATE) и гетероядерная (HSQC, HMQC, HMBC) двумерная ЯМР спектроскопия. Выбор, достоинства и области применения.

Раздел 5. Рентгенофлуоресцентные и рентгенодифракционные методы

- 5.1. Основные принципы и возможности рентгенодифракционных методов при анализе и идентификации ЭС. Теория дифракции рентгеновских лучей. Закон Брэгга. Источники рентгеновского излучения. Конструкционные особенности рентгеновских дифрактометров. Дифракция на монокристалле. Метод Лауэ, метод вращающегося кристалла. Рентгенодифракционный анализ порошков, метод Дебая-Шеррера. Алгоритм расшифровки и уточнение структуры вещества. Фактор расходимости. Представление экспериментальных данных.
- 5.2. Основные принципы и возможности рентгенофлуоресцентных методов при анализе и идентификации ЭС. Физика рентгеновской флуоресцентной спектроскопии. Характеристическое излучение. Закон Мозли. Качественный и количественный рентгенофлуоресцентный анализ.

Раздел 6. Химические методы обнаружения ЭМ

- 6.1. Общие методы обнаружения нитросоединений. Цветные реакции при обнаружении полинитроароматических соединений (комплексы Яновского, взаимодействие с основаниями), нитраминов и нитроэфиров (определение с дифиниламином и резорцином реакция Грисса и т.д.). Последовательное обнаружение трёх классов ВВ. Определение алифатических нитросоединений в том числе нитрометана.
- 6.2. Обнаружение пероксидов. Методы определения триацетонтрипероксида, диацетондипероксида, ГМТД. Использование ферментативных реакций.
- 6.3. Обнаружение неорганических энергоемких соединений. Методы определения нитратов, нитритов, хлоратов и перхлоратов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел						
			Введе-ние	1	2	3	4	5	6
	Знать:								
1	- теоретические основы современных методов химического и физико-химического анализа высокоэнергетических веществ;		+						
2	- современные физико-химические и специальные методы исследования высокоэнергетических веществ и изделий на их основе;			+	+	+	+	+	+
3	- методы испытаний и контроля параметров технологических процессов;					+	+	+	
4	- методы обработки полученных результатов, работы с библиотеками спектральных данных и их использования для идентификации ВЭ соединений;		+						
	Уметь:								
6	- использовать имеющееся специальное оборудование и приборы физико-химического анализа для исследования ВЭС и изделий на их основе.				+	+	+	+	+
	Владеть:								
7	- навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения производственных, научно-исследовательских и криминалистических задач;			+	+	+	+	+	+
8	- принципами разработки методик и программ для решения аналитических задач в области ВЭ материалов.			+		+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел						
			Введе-ние	1	2	3	4	5	6
9	ПК-1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований;	+	+	+				

№	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел						
			Введе- ние	1	2	3	4	5	6
	проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ПК-1.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; использовать современные оборудование и приборы для проведения необходимых экспериментальных исследований; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада.		+	+				
		ПК-1.3 Владеет навыками изучения и обобщения научно-технической информации по тематике исследований; современными методами обработки данных; принципами разработки экспериментальных методик и программ для проведения научных исследований; практическими навыками применения современного оборудования и приборов; приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов		+	+				

№	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел						
			Введе- ние	1	2	3	4	5	6
10	ПК-3 Способен в составе группы проводить экспертизу происшествий с участием энергонасыщенных материалов и изделий	ПК-3.1 Знает теоретические основы современных методов химического и физико-химического анализа и их использования для идентификации энергонасыщенных материалов; методы оценки эффективности энергонасыщенных материалов по их физико-химическим свойствам и области их использования; характеристики основных устройств и изделий, использующих энергию горения и взрыва;;	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-3.2 Умеет использовать имеющееся специальное оборудование и современные приборы физико-химического анализа для исследования энергонасыщенных материалов и изделий на их основе; решать прямые и обратные задачи взрыва энергонасыщенных материалов в различных средах;;		+	+	+	+	+	+
		ПК-3.3 Владеет методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных материалов; навыками проведения и организации работ с		+	+	+	+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел						
			Введе-ние	1	2	3	4	5	6
		использованием химических и физико-химических методов анализа для решения криминалистических задач; навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов.							

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных материалов» в объеме 16 часов (0.45 зач. ед.) в 9 семестре. Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, приобретение навыков решения ряда практических задач в области идентификации и анализа энергонасыщенных материалов и изделий.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	Введение	Отбор и подготовка проб при анализе ВВ. Криминалистические аспекты, выбор схемы исследования. Обнаружение следовых количеств ВВ. Исследование следов взрыва.	2
2	1.1	УФ-вид спектроскопия. Методы подготовки проб, выбор условий анализа ЭМ методами электронной спектроскопии. Интерпретация спектров, особенности электронных спектров разных классов ЭМ, качественный и количественный анализ. Построение калибровочной зависимости, Расчет состава многокомпонентной смеси. Базовые принципы использования программного обеспечения SoftSpectra и UV-Vis Analyst.	1
3	1.2	ИК-спектроскопия. Методы подготовки проб, выбор условий анализа и настройка метода. Интерпретация спектров ЭМ, определение класса ЭМ, идентификация ЭМ с использованием библиотек спектров, идентификация полиморфных форм ЭМ, простейший количественный анализ. Базовые принципы использования программного обеспечения Omnic.	1

4	2	Хроматография. Методы подготовки проб, выбор условий анализа и настройка метода анализа ЭМ. Расчет основных хроматографических параметров, расчет индексов удерживания. Обработка хроматограмм, идентификация компонентов, определение площадей и высот пиков, построение калибровочной зависимости, количественный анализ. Базовые принципы использования программного обеспечения Xcalibur.	3
5	3.1, 3.2	Масс-спектрометрия. Создание метода проведения анализа в случае определения ЭМ. Обработка и интерпретация масс-спектров. Выделение молекулярного иона, анализ ионов-аддуктов. Использование масс-спектрометрии при установлении структуры веществ, использование библиотек масс-спектров. Базовые принципы использования программного обеспечения Xcalibur.	2
6	3.3	Масс-спектрометрия. Методы с регистрацией полного спектра (TIC), выбранных ионов (SIM) и ионных реакций (SRM). Основные принципы создания метода, схема проведения МСп эксперимента.	1
7	4	ЯМР-спектроскопия. Протонные спектры, спектры на атомах углерода и азота, импульсные методы, корреляционные спектры. Обработка, расшифровка, интерпретация. Использование при установлении структуры веществ. Базовые принципы использования программного обеспечения ACD/NMR Academic Edition.	2
8	5	Рентгено-дифракционный методы. Определение параметров вещества по результатам исследования. Базовые принципы использования программного обеспечения Mercury.	2
9	6	Химические методы обнаружения ЭС	2

6.2. Лабораторные работы

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение лабораторного практикума по дисциплине «Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных материалов» в объеме 32 часов (0,9 зач. ед.) в 9 семестре.

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных материалов», а также направлено на приобретение навыков экспериментальной работы по идентификации и обнаружению энергонасыщенных материалов. Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 10 баллов. Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примерный перечень лабораторных работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1.1	УФ-вид спектроскопия. Приготовление растворов и регистрация спектров. Изучение образования солей нитрофенолов и алифатических нитросоединений. Изучение образования анионных комплексов полинитроароматических соединений.	4

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
2	1.2	ИК-спектроскопия. Регистрация спектров пропускания ВВ разных классов в твёрдом и жидком состоянии. Регистрация спектров паров и газов.	4
3	2.2	Тонкослойная хроматография. Анализ ВВ основных классов. Определение предела обнаружения. Проявление хроматограмм.	4
4	2.3	Газо-жидкостная хроматография ГЖХ. Анализ ВВ основных классов с использованием пламенно-ионизационного детектора. Определение параметров удерживания. Количественный анализ.	4
5	2.4	Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Анализ ВВ основных классов с использованием спектрофотометрического детектора. Количественный анализ.	4
6	3.2	Газо-жидкостная хроматография масс-спектрометрия (ГЖХ-МС). Анализ ВВ основных классов. Ионизация электронным ударом.	4
7	3.3	Высокоэффективная жидкостная хроматография масс-спектрометрия (ВЭЖХ-МС). Анализ ВВ основных классов. Ионизация электрораспылением.	4
8	6	Обнаружение и идентификация ВВ химическими методами. Последовательное обнаружение трёх классов ВВ. Обнаружение органических пероксидов, хлоратов и перхлоратов.	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 116 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- 1) регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- 2) подготовку к лабораторным работам;
- 3) подготовку к защите лабораторных работ.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины

Текущий контроль освоения теоретических и практических разделов дисциплины, осуществляется по результатам выполнения лабораторных работ (ЛР), трех контрольных опросов (КО) и одной контрольной работы (КР).

По итогам контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

Лаб. работы/ Контрольный опрос/ контрольная работа	ЛР	КО №1	КО №2	КО №3	КР №1	Σ
Баллы	10	10	10	10	10	60

Итоговый контроль освоения теоретических разделов дисциплины – зачет с оценкой. Максимальная оценка на зачете 40 баллов.

8.1.1. Перечень вопросов для контрольных опросов

КО № 1 - Отбор и подготовка проб при анализе ВВ. Электронная спектроскопия. Химические метода анализа

1. Укажите основные области использования ФХМА ЭМ.
2. Укажите принцип выбора конкретного метода (группы методов) при анализе ЭМ в условиях заводской лаборатории.
3. Перечислите методы концентрирования проб, используемых при определении ЭМ.
4. Приведите основные правила безопасной работы при подготовке проб ЭМ.
5. Опишите сущность метода и область применения твердофазной экстракции.
6. Перечислите основные типы сорбентов для твердофазной экстракции.
7. Укажите принцип подбора сорбентов для твердофазной экстракции.
8. Укажите принцип подбора подвижной фазы (растворителя) для твердофазной экстракции.
9. Опишите последовательность действий и при твердофазной экстракции.
10. Опишите сущность метода и область применения жидкостной экстракции.
11. Укажите принцип подбора растворителя для экстракции.
12. Основные понятия спектроскопии в ультрафиолетовой и видимой области.
13. Количественный анализ энергоемких соединений методом электронной спектроскопии.
14. Характерные области поглощения разных классов ЭМ.
15. Особенности электронных спектров ароматических нитросоединений и продуктов их взаимодействия с основаниями.
16. Особенности электронных спектров нитрофенолов и их солей.
17. Приведите принципиальную схему двухлучевого УФ-спектрофотометра.
18. Приведите схему последовательного обнаружения ВВ основных классов.
19. Назовите реагенты, используемые для обнаружения нитроароматических соединений.
20. Приведите методы обнаружения органических пероксидов.
21. Приведите методы обнаружения перхлоратов.
22. Приведите методы обнаружения хлоратов.
23. Предложите методы обнаружения нитрометана и нитроалифатических соединений.
24. Приведите методы обнаружения нитроэфиров.
25. Приведите методы обнаружения нитраминов.
26. Основные конструктивные особенности экспресс-тестов для обнаружения ВВ.

КО № 2 – ИК-спектроскопия. Хроматография

1. Приведите основные понятия колебательной спектроскопии
2. Приведите принципиальную схему ИК-спектрометра
3. Приведите схему интерферометра Михельсона
4. Объясните принцип действия приставки НПВО
5. Особенности пробоподготовки при регистрации ИК спектров энергоемких соединений

6. Качественный и количественный анализ энергоемких соединений методом ИК спектроскопии.
7. Приведите уравнение, позволяющее рассчитать частоту колебаний химической связи.
8. Укажите области характеристических колебаний основных функциональных групп
9. Как влияет строение нитроалкана на колебания нитрогруппы
10. Изобразите схемы возможных колебаний нитрогруппы.
11. Укажите виды и основные понятия хроматографии.
12. Приведите основные понятия тонкослойной хроматографии.
13. Анализ основных классов ВВ методом ТСХ.
14. Методы проявления ТСХ при анализе ЭМ.
15. Укажите пределы обнаружения основных классов ВВ хроматографическими методами.
16. Приведите принципиальную схему хроматографа.
17. Методы газо-жидкостной хроматографии и газовой (адсорбционной) хроматографии. Связь хроматографических параметров с изотермой адсорбции.
18. Метод жидкостной хроматографии, основные виды, используемые подвижные и неподвижные фазы.
19. Метод газо-жидкостной хроматографии, основные типы колонок, используемые подвижные и неподвижные фазы.
20. Основные типы детекторов для газовой и газо-жидкостной хроматографии.
21. Основные типы детекторов для жидкостной хроматографии.
22. Принцип работы пламенно-ионизационного детектора, область применения, основные технические характеристики.
23. Принцип работы детектора по теплопроводности, область применения, основные технические характеристики.

КО №3 - Масс-спектропия

1. Принцип работы и устройство масс-спектрометра.
2. Методы ионизации в масс-спектропии, область применения, достоинства и недостатки.
3. Типы селекторов ионов, область применения, достоинства и недостатки.
4. Метод ионизации электронным ударом.
5. Метод химической ионизации.
6. Метод ионизации химической ионизации при атмосферном давлении и электроспрей.
7. Информативность масс-спектров. Основные подходы к их интерпретации.
8. Масс-спектропия высокого и низкого разрешения, области применения, особенности, аппаратное оформление.
9. Методы пробоподготовки при масс-спектропии. Сопряжение масс-спектрометра с газовым и жидкостным хроматографом.
10. Принцип работы и устройство масс-спектрометра.
11. Методы ионизации в масс-спектропии, область применения, достоинства и недостатки.
12. Типы селекторов ионов, область применения, достоинства и недостатки.
13. Принцип работы и конструкция квадрупольного селектора ионов.
14. Принцип работы и конструкция ионной ловушки.
15. Метод ионизации электронным ударом.
16. Метод химической ионизации.
17. Метод ионизации химической ионизации при атмосферном давлении и электрораспыление.
18. Информативность масс-спектров. Основные подходы к их интерпретации.

19. Масс-спектрометрия высокого и низкого разрешения, области применения, особенности, аппаратное оформление.
20. Методы пробоподготовки при масс-спектропии.
21. Сопряжение масс-спектрометра с газовым хроматографом.
22. Сопряжение масс-спектрометра с жидкостным хроматографом.
23. Характерные пути фрагментации нитроароматических соединений.
24. Характерные пути фрагментации нитраминов.
25. Характерные пути фрагментации нитроэфиров.
26. Характерные пути фрагментации алифатических соединений.
27. МСⁿ эксперимент, принцип и схема создания метода SRM
28. Сравнение методов регистрации полного ионного тока и мониторинга выбранных ионов.
29. Выбор условий ионизации при анализе ЭМ.
30. Использование библиотек масс-спектров, ограничения, достоверность результатов.

8.1.2. Перечень вопросов для контрольной работы

Контрольная работа - ЯМР спектроскопия. Рентгеновские методы анализа.

1. Приведите принципиальную схему ЯМР спектрометра.
2. Особенности пробоподготовки при регистрации ЯМР спектров. Выбор метода, растворителя и температуры.
3. Магнитные свойства ядер и квантово-механическая трактовка ЯМР.
4. Основное уравнение ЯМР спектроскопии.
5. Необходимое условие возникновения ЯМР.
6. Химический сдвиг и параметры, влияющие на его положение.
7. Основные параметры ¹H ЯМР спектров.
8. Классификация спиновых систем.
9. Константа спин-спинового взаимодействия и ее расчет.
10. Алгоритм расшифровки ПМР спектров.
11. Особенности интерпретации ¹³C ЯМР спектров.
12. Достоинства корреляционных ЯМР экспериментов.
13. ЯМР спектроскопия на ядрах азота.
14. Основные виды рентгеновской дифракционной спектрометрии.
15. Принципиальная схема рентгеновского дифрактометра.
16. Особенности рентгенофлуоресцентного анализа.

8.1.3. Примеры контрольных работ

Вариант №1

1. Приведите принципиальную схему ЯМР спектрометра.
2. Химический сдвиг и параметры, влияющие на его положение.
3. Особенности рентгенофлуоресцентного анализа.

Вариант №2

1. Особенности пробоподготовки при регистрации ЯМР спектров. Выбор метода, растворителя и температуры.
2. Алгоритм расшифровки ПМР спектров.
3. Принципиальная схема рентгеновского дифрактометра.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	4	3	3	15

8.2. Примерный перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Химические методы обнаружения ЭМ.
2. Алгоритм химического обнаружения ВВ основных классов.
3. Критерий выбора химической реакции для экспресс-анализа ЭМ.
4. Реагенты, используемые для химического обнаружения ВВ разных классов.
5. Реагенты, используемые для химического обнаружения нитроароматических соединений.
6. Конструкционные особенности экспресс-тестов для обнаружения ВВ.
7. Особенности обнаружения нитраминов.
8. Методы обнаружения нитрометана и нитроалифатических соединений.
9. Методы обнаружения перхлоратов.
10. Методы обнаружения нитроэфиров.
11. Методы обнаружения хлоратов.
12. Методы обнаружения органических пероксидов.
13. Выбор метода анализа неорганических нитратов.
14. Выбор метода анализа для технического ТНТ.
15. Выбор метода анализа для смеси жидких нитроэфиров.
16. Сущность метода и область применения твердофазной и жидкостной экстракции.
17. Порядок выполнения твердофазной экстракции.
18. Принцип подбора сорбентов и растворителей для экстракции ВВ.
19. Основные понятия хроматографии.
20. Основные виды хроматографии.
21. Основные понятия тонкослойной хроматографии.
22. Типы пластин для тонкослойной хроматографии, состав неподвижной фазы, методы проявления.
23. Особенности анализа ЭС методом ТСХ.
24. Понятие о элюотропном ряде. Выбор состава подвижной фазы при
25. Особенности ГХ, ГЖХ, ВЭЖХ.
26. Методы управления эффективностью разделения в газовой и жидкостной хроматографии.
27. Методы газо-жидкостной и газовой (адсорбционной) хроматографии. Основные параметры и связь с изотермой адсорбции.
28. Жидкостная хроматография, основные подходы при выборе подвижной и неподвижной фазы.
29. Основные типы хроматографических колонок, используемые подвижные и неподвижные фазы.
30. Основные типы детекторов для газовой и газо-жидкостной хроматографии.
31. Особенности концентрирования проб при определении ЭМ.
32. Принцип работы и устройство жидкостного хроматографа.
33. Основные типы детекторов, используемые в жидкостной хромато-масс спектрометрии.
34. Использование библиотек масс-спектров, ограничения, достоверность результатов
35. МСп эксперимент, принцип и схема создания метода SRM
36. Сопряжение масс-спектрометра с газовым и жидкостным хроматографом.
37. Основные понятия масс-спектрометрии.
38. Характерные пути фрагментации молекулярного иона нитроэфиров.
39. Типы селекторов ионов, область применения, достоинства и недостатки.
40. Принцип работы и устройство масс-спектрометра.
41. Сравнительная оценка методов ионизации, используемых в масс-спектрометрии.

42. Количественный анализ энергоемких соединений методом электронной спектроскопии.
43. Принцип работы и конструкция времяпролетного масс-спектрометра.
44. Особенности фрагментации ЭС при масс-спектроскопии.
45. Основные подходы к интерпретации масс-спектров.
46. Методы ионизации в масс-спектроскопии, области применения, достоинства и недостатки.
47. Метод химической ионизации при атмосферном давлении и электрораспыление, сравнительная оценка.
48. Химическая ионизация в масс-спектрометрии, достоинства и недостатки.
49. Масс-спектроскопия высокого и низкого разрешения, области применения, особенности, аппаратное оформление.
50. Характерные пути фрагментации алифатических нитро соединений.
51. Выбор условий ионизации при анализе ЭМ при помощи масс-спектроскопии.
52. Характерные пути фрагментации молекулярного иона нитраминов.
53. Принцип работы и конструкция времяпролетного масс-спектрометра.
54. Выбор условий ионизации при анализе ЭМ методом масс-спектроскопии.
55. Использование библиотек масс-спектров, ограничения, достоверность результатов
56. Особенности фрагментации штатных ВВ при ионизации электрораспылением.
57. Характерные пути фрагментации алифатических нитро соединений.
58. Молекулярный ион, обнаружение, фрагментация.
59. Методы введения пробы в масс-спектрометрии, достоинства и недостатки.
60. Достоинства и недостатки метода прямого ввода образца в источник масс-спектрометра.
61. Методы определения элементного состава органических и неорганических соединений.
62. Основные понятия электронной спектроскопии.
63. Особенности электронных спектров ароматических нитросоединений и продуктов их взаимодействия с основаниями.
64. Типы электронных переходов в молекулах органических соединений.
65. Особенности изменения электронных спектров нитросоединений при взаимодействии с основаниями.
66. Особенности электронных спектров нитрофенолов и их солей.
67. Электронная спектроскопия, характерные области поглощения разных классов ЭМ.
68. Принципиальная схема двухлучевого УФ-спектрофотометра.
69. Основные понятия колебательной спектроскопии.
70. Основное уравнение ИК спектроскопии.
71. Характеристические колебания основных функциональных групп.
72. Интерпретация ИК-спектров.
73. Влияние строения нитроалканов на колебания нитрогруппы.
74. Обнаружение органических и неорганических азидов методом ИК спектроскопии, мешающие функциональные группы.
75. Принципиальная схема ИК-спектрометра.
76. Схема интерферометра Михельсона.
77. Особенности метода НПВО.
78. Особенности пробоподготовки при регистрации ИК спектров энергоемких соединений.
79. Правила безопасной работы при подготовке проб ЭМ для ИК-спектроскопии.
80. Особенности рентгенодифракционных методов анализа.

81. Рентгеноструктурный анализ, основные понятия, требования к образцу.
82. Рентгенофлуоресцентный анализ, основные понятия, области применения.
83. Особенности рентгенофлуоресцентного анализа.
84. Принципиальная схема рентгеновского дифрактометра.
85. Конструкционные особенности рентгеновского дифрактометра.
86. Спектроскопия ЯМР, основные понятия, области применения.
87. Магнитные свойства ядер и квантово-механическая трактовка ЯМР.
88. Необходимое условие возникновения ЯМР.
89. Основное уравнение ЯМР спектроскопии.
90. Спектроскопия протонного магнитного резонанса, основные положения
91. Основные параметры ^1H ЯМР спектров.
92. Химический сдвиг в ЯМР и параметры, влияющие на его положение.
93. Алгоритм расшифровки ПМР спектров.
94. Константа спин-спинового взаимодействия и ее расчет.
95. Классификация спиновых систем в ПМР.
96. Ядерный эффект Оверхаузера.
97. Достоинства корреляционных ЯМР экспериментов.
98. Интерпретация и расчет ЯМР спектров.
99. Основы ^{13}C ЯМР спектроскопии.
100. Особенности интерпретации ^{13}C ЯМР спектров.
101. Влияние строения вещества и растворителя на положение химического сдвига в ЯМР спектрах.
102. Корреляционная ЯМР спектроскопия.
103. Основы ^{15}N ЯМР спектроскопии.
104. Схема устройства ЯМР спектрометра.
105. Особенности пробоподготовки при регистрации ЯМР спектров, выбор метода, растворителя и температуры.
106. Выбор метода, растворителя и температуры в ЯМР эксперименте.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

Структура и пример билетов на зачете с оценкой

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме зачета с оценкой. Зачет по дисциплине «Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных материалов» включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет состоит из 3 вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответ на первый и второй вопрос билета оценивается в 14 баллов, на третий – 12 баллов. Суммарная максимальная оценка 40 баллов. Общая оценка зачета складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на зачете. Максимальная оценка знаний – 100 баллов.

Пример билета

<i>«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий</i>	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных материалов»
Билет № 1	
1. Химические методы обнаружения ЭМ. 2. Основные типы хроматографических колонок, используемые подвижные и неподвижные фазы. 3. Правила безопасной работы при подготовке проб ЭМ для ИК-спектроскопии.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Сильверстейн Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений. Пер. с англ. / Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 557 с.
2. Воловенко Ю. М. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса для химиков: учебник / Ю. М. Воловенко и др. – М. : ICSPF PRESS, 2011. – 704 с.
3. Конюхов, В.Ю. Хроматография [Электронный ресурс]: учебник. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2022, 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/210989>.
4. Винарский В. А., Юрченко Р.А. Масс-спектрометрия и хромато-масс-спектральный анализ [Электронный ресурс] : учебное пособие / РХТУ им. Д.И. Менделеева, Белорусский государственный университет. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – 142 с.

Б. Дополнительная литература:

1. Бёккер Ю. Спектроскопия. Москва: Техносфера, 2009. – 527 с.
2. Браун Д. Спектроскопия органических веществ. Пер. с англ. / Д. Браун, А. Флойд, М. Сейнзбери. - М. : Мир, 1992. – 300 с.
3. Преч Э. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. Пер. с англ. / Э. Преч, Ф. Бюльман, К. Аффольтер. – Москва: Мир, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 438 с.
4. Пентин Ю.А., Вилков Н.В. Физические методы исследования в химии. – М.: Мир, 2012. – 683 с.
5. Харитонов Ю. А. Аналитическая химия : Учебник для вузов. – 4-е изд. Кн. 2 : Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа./ М.: Высшая школа, 2008. – 559 с.
6. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: ИЛ, 1963. – 590 с.

7. Шляпочников В.А. Колебательные спектры алифатических нитросоединений / ред. О. С. Чижов ; ИОХ им. Н.Д. Зелинского. АН СССР. – М. : Наука, 1989. – 134 с.
8. Сычев, С.Н. Высокоэффективная жидкостная хроматография: аналитика, физическая химия, распознавание многокомпонентных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.Н. Сычев, В.А. Гаврилина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/211127>.
9. Блюмх Б. Основы ЯМР. Для ученых и инженеров. Москва: Техносфера, 2011. – 256 с.
10. Эрнст Р. ЯМР в одном и двух измерениях : пер. с англ. / Р. Эрнст, Дж. Боденхаузен, А. Вокаун. – М. : Мир, 1990. – 709 с.
11. Заикин В.Г., Варламов А.В., Микая А.И., Простаков Н.С. Основы масс-спектрометрии органических соединений. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001 г. – 286 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- NIST Chemistry WebBook – База данных NIST
- База данных SDBS AIST
- Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087
- Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822
- Thermochemica Acta. ISSN: 0040-6031
- International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678
- Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8, (общее число слайдов – 80);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50).

Для проведения лабораторных занятий используются оборудование, компьютеры и программное обеспечение кафедры ХТОСА.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);
- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);
- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной

литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

Дополнительные электронные ресурсы

Российские и иностранные электронные ресурсы, обеспечивающие свободный доступ пользователя к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам сети Интернет:

№	Электронный ресурс	Принадлежность, ссылка на сайт ЭБС, количество ключей	Характеристика ресурса, доступ к которому свободный
1.	Google Академия (Google Scholar)	Принадлежность – сторонняя. США. Ссылка на сайт – https://scholar.google.ru/ Доступ свободный	Web-ресурс США. Позволяет проводить поиск научно-технической литературы, в том числе издательств Springer, Elsevier, Royal Society of Chemistry (RSC) и др.
2.	NIST Chemistry WebBook – База данных NIST	Принадлежность – сторонняя. Национальный Институт стандартов и технологий США (NIST). Ссылка на сайт – https://webbook.nist.gov Доступ свободный	Web-ресурс Национального Института стандартов и технологий США (NIST). Содержит базы спектральных данных органических и неорганических соединений
3.	База данных SDBS AIST	Принадлежность – сторонняя. Национальный Институт AIST, Япония Ссылка на сайт – https://sdbb.db.aist.go.jp Доступ свободный	Web-ресурс National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan. Содержит базы спектральных данных органических соединений (ИК, ЯМР, Масс-, ЭПР, раман-спектры)
4.	USPTO – База патентов США	Принадлежность – сторонняя. USPTO, USA Ссылка на сайт – http://patft.uspto.gov Доступ свободный	Web-ресурс патентного бюро США, содержит полные тексты патентов США с 1976 г. по настоящее время

№	Электронный ресурс	Принадлежность, ссылка на сайт ЭБС, количество ключей	Характеристика ресурса, доступ к которому свободный
5.	Espacenet - База европейских и мировых патентов	Принадлежность – сторонняя. European Patent Office (EPO) Ссылка на сайт – worldwide.espacenet.com Доступ свободный	Web-ресурс европейского патентного бюро, содержит полные тексты патентов европейских и других стран с 1827 г. по настоящее время
6.	База патентов России	Принадлежность – сторонняя. European Patent Office (EPO) Ссылка на сайт – ru.espacenet.com Доступ свободный	Web-ресурс европейского патентного бюро, содержит полные тексты патентов РФ
7.	База патентов России	Принадлежность – сторонняя. Ссылка на сайт – http://www.findpatent.ru/ Доступ свободный	Российский Web-ресурс. Поиск патентов и изобретений РФ и СССР
8.	База патентов СССР	Принадлежность – сторонняя. Ссылка на сайт – http://patents.su/ Доступ свободный	Российский Web-ресурс. Поиск патентов и изобретений СССР
9.	База патентов России	Принадлежность – сторонняя. Ссылка на сайт – http://www.freepatent.ru/ Доступ свободный	Российский Web-ресурс. Поиск патентов РФ.
10.	База поиска патентов США и других стран	Принадлежность – сторонняя. FPO, США Ссылка на сайт – www.freepatentsonline.com	Web-ресурс патентного бюро FPO, США. Поиск патентов США и других стран

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Современные физико-химические методы анализа энергонасыщенных материалов» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Для проведения лабораторного практикума используется оборудование, приборы и экспериментальные установки кафедры:

- Ультрафиолетовая лампа для проявки ТСХ, с длинами волн 254 и 356 нм,
- ИК-спектрофотометр Thermo Nicolet 360 FT IR с приставкой НПВО,
- Двухлучевой УФ-ВИД спектрофотометр ПЭ-6100 УФ Промэколаб,
- ВЭЖХ-хроматограф, совмещенный с масс-спектрометром (ESI),
- газовый хроматограф с пламенно-ионизационным детектором, совмещенный с масс-спектрометром электронного удара.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Макеты и запасные части к аналитическому оборудованию, хроматографические колонки, картриджи для твердофазной экстракции и т.д.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; справочные материалы.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Xcalibur 3.1	Поставка с оборудованием. ПО входит в состав хромато-масс-спектрометрического оборудования ГХ-МС	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
4	Xcalibur 2.4	Поставка с оборудованием.	2	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в

№ п/ п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Коли- чество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
		ПО входит в состав хромато-масс-спектрометрического оборудования ЖХ-МС и ГХ			образовательных процессах.
5	Мультихром 2.4 версия для Милмхром-4	Электронный (аппаратный) ключ	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
6	SoftSpectra 5.0 (управление спектрометром Spekord M40)	Электронный (аппаратный) ключ	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
7	NIST Mass Spectral Database	Поставка с оборудованием. ПО входит в состав хромато-масс-спектрометрического оборудования	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
8	UV-Vis Analyst	Электронный (аппаратный) ключ	1	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение	<i>Знает</i> - теоретические основы современных методов химического и физико-химического анализа высокоэнергетических веществ; - методы обработки полученных результатов, работы с библиотеками спектральных данных и их использования для идентификации ВЭ соединений;	Оценка на зачете.
Раздел 1.	<i>Знает:</i> - современные физико-химические и специальные методы исследования высокоэнергетических веществ и изделий на их основе; <i>Владеет:.</i> - навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения производственных, научно-исследовательских и криминалистических задач; - принципами разработки методик и программ для решения аналитических задач в области ВЭ материалов.	Оценка за контрольную работу; оценка за защиту лабораторной работы на контрольном опросе; оценка на зачете.
Раздел 2.	<i>Знает:</i> - современные физико-химические и специальные методы исследования высокоэнергетических веществ и изделий на их основе;. <i>Умеет:</i> - использовать имеющееся специальное оборудование и приборы физико-химического анализа для исследования ВЭС и изделий на их основе. <i>Владеет:</i> - навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения производственных, научно-исследовательских и криминалистических задач;	оценка за защиту лабораторной работы на контрольном опросе; оценка на зачете.
Раздел 3.	<i>Знает:</i> - современные физико-химические и специальные методы исследования высокоэнергетических веществ и изделий на их основе; - методы испытаний и контроля параметров технологических процессов; <i>Умеет:</i>	оценка за защиту лабораторной работы на контрольном опросе; оценка на зачете.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	- использовать имеющееся специальное оборудование и приборы физико-химического анализа для исследования ВЭС и изделий на их основе. <i>Владеет:</i> - навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения производственных, научно-исследовательских и криминалистических задач; - принципами разработки методик и программ для решения аналитических задач в области ВЭ материалов.	
Раздел 4.	<i>Знает:</i> - современные физико-химические и специальные методы исследования высокоэнергетических веществ и изделий на их основе; - методы испытаний и контроля параметров технологических процессов; <i>Умеет:</i> - использовать имеющееся специальное оборудование и приборы физико-химического анализа для исследования ВЭС и изделий на их основе. <i>Владеет:</i> - навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения производственных, научно-исследовательских и криминалистических задач; - принципами разработки методик и программ для решения аналитических задач в области ВЭ материалов.	оценка за контрольную работу; оценка на зачете.
Раздел 5.	<i>Знает:</i> - современные физико-химические и специальные методы исследования высокоэнергетических веществ и изделий на их основе; - методы испытаний и контроля параметров технологических процессов; <i>Умеет:</i> - использовать имеющееся специальное оборудование и приборы физико-химического анализа для исследования ВЭС и изделий на их основе. <i>Владеет:</i> - навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа	оценка за контрольную работу; оценка на зачете.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	для решения производственных, научно-исследовательских и криминалистических задач; - принципами разработки методик и программ для решения аналитических задач в области ВЭ материалов.	
Раздел 6.	<i>Знает:</i> - современные физико-химические и специальные методы исследования высокоэнергетических веществ и изделий на их основе; <i>Умеет:</i> - использовать имеющееся специальное оборудование и приборы физико-химического анализа для исследования ВЭС и изделий на их основе. <i>Владеет:</i> - навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения производственных, научно-исследовательских и криминалистических задач; - принципами разработки методик и программ для решения аналитических задач в области ВЭ материалов.	оценка за защиту лабораторной работы на контрольном опросе; оценка на зачете.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Современные физико-химические методы анализа
энергонасыщенных материалов»
основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Теория, свойства и применение взрывчатых веществ»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

к.х.н., доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,
Колесовым В.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	9
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	10
4.2. Содержание разделов дисциплины.	12
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	14
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	17
6.1. Практические занятия	17
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	18
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины	18
8.1.1. Примеры контрольных работ	19
8.1.2. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины.....	20
8.1.3. Структура и пример экзаменационных билетов	21
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	22
9.1. Рекомендуемая литература	22
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.....	23
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	23
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	23
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	24
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:	24
11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	24
11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	24
11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения	24
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	25
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	28

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Теория, свойства и применение взрывчатых веществ») относится к дисциплинам по выбору формируемой участниками образовательных отношений части дисциплин учебного плана (Б1.В.ДВ.02.01).

Изучение дисциплины базируется на знании общетеоретических дисциплин физической химии, физики, математики, процессов и аппаратов химической технологии, а также профилирующих дисциплин: «Основы технологий ЭНМ и изделий» и «Химия энергонасыщенных соединений», «Химическая физика энергонасыщенных материалов». Знания, полученные при изучении дисциплины, являются основой для последующего изучения специальных дисциплин: «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий», «Научно-исследовательский практикум».

Цель дисциплины «Теория, свойства и применение взрывчатых веществ» – изучение теории процесса передачи энергии взрыва в окружающую среду, а также практических аспектов применения взрыва, на базе элементов физики твёрдого тела, газодинамики и теории подобия.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся представления о физических основах процесса передачи энергии взрыва в окружающую среду с различными физико-механическими характеристиками на основе избранных глав физики твёрдого тела и газодинамики;
- ознакомление со способами использования энергии взрыва в военном деле, промышленности, науке, с ролью энергоёмких систем в создании новых перспективных технологий, с характеристиками устройств и изделий, использующих энергию взрыва;
- усвоение обучающимися методологии оценки эффективности при взрыве энергоёмких материалов на основе их физико-химических свойств, формирования требований к энергоёмким материалам, вытекающих из условий их применения.

Дисциплина «Теория, свойства и применение взрывчатых веществ» преподаётся в 9 семестре, включает лекции и практические занятия. Контроль успеваемости студентов ведётся по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: экспертно-аналитический				
Участие в экспертизе аварийных ситуаций при работах с энергонасыщенными материалами и изделиями; участие в экспертизе чрезвычайных ситуаций, имевших место с использованием энергонасыщенных материалов.	Расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов	ПК-3 Способен в составе группы проводить экспертизу происшествий с участием энергонасыщенных материалов и изделий	ПК-3.1 Знает теоретические основы современных методов химического и физико-химического анализа и их использования для идентификации энергонасыщенных материалов; методы оценки эффективности энергонасыщенных материалов по их физико-химическим свойствам и области их использования; характеристики основных устройств и изделий, использующих энергию горения и взрыва; ПК-3.2 Умеет использовать имеющееся специальное оборудование и современные приборы физико-химического анализа для исследования энергонасыщенных материалов и изделий на их	26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: разработки, проектирования, наладки, эксплуатации и совершенствования средств, методов получения и способов применения энергонасыщенных материалов и изделий; промышленного и опытного производства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов, исходных и промежуточных продуктов для их получения; промышленного и опытного производства изделий на основе энергонасыщенных материалов; эксплуатации и хранения энергонасыщенных материалов; надзора в области промышленной безопасности при получении и использовании энергонасыщенных материалов и изделий). Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
			основе; решать прямые и обратные задачи взрыва энергонасыщенных материалов в различных средах; ПК-3.3 Владеет методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных материалов; навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения криминалистических задач; навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов.	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
- Участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее - НИОКР), направленных на совершенствование получения и использования энергонасыщенных материалов и изделий и изучение их свойств; - разработка программ, методик, технических средств для проведения исследований свойств существующих и новых энергонасыщенных материалов и изделий; - обработка и анализ результатов экспериментальных исследований, формулирование выводов, подготовка отчетов и публикаций о результатах исследований,	Индивидуальные и смесевые энергонасыщенные материалы и изделия на их основе; расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК- 4 Способен разрабатывать инновационные методики и программы проведения исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний	ПК-4.1 Знает основные методы, используемые при проведении исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; физико-химические основы возникновения и развития самораспространяющихся процессов горения и детонации и методы расчёта их параметров; физические основы взрыва в различных средах; методы создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергонасыщенных смесевых материалов от природы и соотношения компонентов;	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. В /02.6. Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
защита интеллектуальной собственности; - участие во внедрении результатов НИОКР; - поиск и анализ научно-технической информации в области энергонасыщенных материалов и изделий с целью научно-практической и патентной поддержки проводимых исследований			ПК-4.2 Умеет теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов; предлагать и решать задачи, связанные с проведением исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик; ПК-4.3 Владеет методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений; основными экспериментальными методами синтеза, анализа энергонасыщенных соединений, комплексного исследования их физико-химических и взрывчатых свойств.	

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

знать:

- физические основы взрыва в средах с различными физико-механическими характеристиками;
- методы оценки эффективности энергоёмких материалов по их физико-химическим свойствам и выбора оптимальной области использования для них;
- методы использования энергоёмких материалов в военном деле, промышленности, науке;
- характеристики основных устройств и изделий, использующих энергию взрыва;
- требования к энергоёмким материалам, вытекающие из условий их применения;

уметь:

- прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик;
- решать прямые и обратные задачи взрыва энергонасыщенных материалов в различных средах;

владеть:

- навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов;
- навыками изучения и обобщения информации в области разработки, исследования и применения энергонасыщенных материалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	4	144	108
Контактная работа – аудиторные занятия:	1.33	48	36
Лекции	0.88	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0.45	16	12
Самостоятельная работа	1.67	60	45
Контактная самостоятельная работа	1,67	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		60	45
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид контроля:	экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практи- ческие занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Введение	4		2			2
	Раздел 1. Элементы физики взрыва	30		8	4		18
1.1.	Явление взрыва. Уравнения состояния продуктов взрыва конденсированных ВВ.	8		2	2		4
1.2.	Основы теории разлёта продуктов взрыва.	8		2	2		4
1.3.	Гидродинамическая теория волн сжатия и разгрузки.	6		2			4
1.4.	Вычисление начальных параметров ударных волн при взрыве в средах с различными физико-механическими характеристиками	8		2			6
	Раздел 2. Работа взрыва	38	8	10	10		18
2.1.	Баланс энергии при взрыве. Вычисление работы и импульса взрыва.	10	4	2	4		4
2.2.	Действие контактного взрыва. Роль откольных явлений. Зоны разрушения в твердых телах.	4		2			2
2.3.	Закономерности формирования и распространения ударных волн в деформируемых средах.	4		2			2
2.4.	Кумулятивное действие взрыва. Применение в военном деле и промышленности.	8		2	2		4

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практи- ческие занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
2.5.	Использование теории подобия для определения удельного расхода ВВ, зон разрушения и безопасных расстояний при взрыве.	12	4	2	4		6
	Раздел 3. Применение взрывчатых веществ в горнодобывающей промышленности	18		6			12
3.1	Методы ведения взрывных работ в горной промышленности. Требования к ВВ в горной промышленности с учетом условий применения.	6		2			4
3.2	Взрывные работы в строительстве, ликвидации аварий, нефтедобывающей промышленности.	6		2			4
3.3	Современные технологии по изготовлению ВВ на месте, снаряжению и инициированию зарядов.	6		2			4
	Раздел 4. Применение взрывчатых веществ в металлургии, военных и научных целях.	18		6	2		10
4.1	Использование ВВ для обработки металла взрывом.	6		2			4
4.2	Использование ВВ и других энергоёмких соединений для снаряжения боеприпасов.	8		2	2		4

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов					
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практи- ческие занятия	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
4.3	Применение ВВ для синтеза сверхтвердых материалов и создания сверхвысоких давлений.	4		2			2
	Подготовка к экзамену	36					
	ИТОГО	144	8	32	16		60

4.2. Содержание разделов дисциплины.

Введение

Структура дисциплины, литература по дисциплины. Краткая характеристика области использования ВВ, задачи, решаемые с использованием энергии взрыва, массовые взрывы в промышленности, приоритет отечественных ученых в области совершенствования техники и технологии ведения взрывных работ. Рост производства ВВ в развитых странах, перспективы развития применения ВВ в промышленности.

Раздел 1. Элементы физики взрыва

- 1.1 Явление взрыва. Уравнение состояния продуктов взрыва. Уравнение состояния Ландау-Станюковича и его использование в физике взрыва. Методы экспериментального определения уравнения состояния продуктов взрыва конденсированного ВВ. Использование элементов теории твердого тела для описания поведения продуктов взрыва.
- 1.2 Основы теории разлета продуктов взрыва конденсированного ВВ. Качественная характеристика явлений, сопровождающих разлет продуктов взрыва в средах с различными физико-механическими характеристиками. Расчет границ зоны расширения продуктов взрыва в воздухе, воде и более плотных средах.
- 1.3 Гидродинамическая теория волн сжатия и волн разгрузки. Эйлеровы уравнения движения сплошной среды и их частное решение для плоского случая. Ударная волна. Понятие о центрированной волне разгрузки и описание изменения параметров на ее фронте.
- 1.4 Вычисление начальных параметров ударных волн при взрыве в средах с различными физико-механическими характеристиками (вакуум, воздух, вода, горная порода, металл, абсолютно недеформируемое тело). Понятие об ударной адиабате вещества, запись ударной адиабаты в обобщенной форме. Экспериментальные методы изучения сжимаемости конденсированных веществ в области высоких и сверхвысоких давлений. Теоретическое и практическое значение этих результатов.

Раздел 2. Работа взрыва

- 2.1 Баланс энергии при взрыве. Понятие о бризантном и фугасном действии взрыва. Экспериментальные методы оценки работы взрыва. Импульс контактного взрыва и его связь с разрушающим действием взрыва. Понятие об активной части заряда и методы ее вычисления, основанные на гипотезе «мгновенной детонации». Вычисление удельного

импульса, действующего импульса на контактную поверхность. Метательное действие продуктов взрыва.

2.2 Действие контактного взрыва на твердые тела. Явление откола и его роль в разрушающем действии взрыва. Зоны разрушения в твердых телах.

2.3 Закономерности формирования и распространения ударных волн в деформируемых средах. Скорость звука, упругий предвестник, ударная адиабата с фазовыми переходами, ударная адиабата пористых тел. Экспериментальные методы определения параметров ударных волн при взрыве в различных средах и при высокоскоростных столкновениях.

2.4 Кумулятивное действие взрыва. Гидродинамическая теория формирования кумулятивной струи, теория бронепробивного действия кумулятивного заряда. Влияние формы кумулятивной поверхности и параметров детонации ВВ на бронепробивное действие кумулятивного заряда.

2.5 Вывод основных соотношений, определяющих удельный расход ВВ, расчет зон разрушения и безопасных расстояний при взрыве с использованием элементов теории подобия. Взрыв в грунте, взрыв в воде, взрыв в воздухе.

Раздел 3. Применение взрывчатых веществ в горнодобывающей промышленности

3.1 Влияние физико-механических свойств горных пород на удельный расход ВВ. Методы ведения взрывных работ в горной промышленности. Метод накладных зарядов. Метод шпуровых зарядов. Короткозамедленное взрывание. Особенности взрывных работ в шахтах, опасных по газу и пыли. Метод скважинных зарядов. Характеристика метода и область использования. Порядок взрывания скважин, схема коммутации. Взрывы на сброс и выброс.

3.2 Взрывные работы в нефтедобывающей промышленности. Торпедирование скважин, взрывное бурение, ликвидация аварий. Взрывные работы в строительстве. Посадка насыпей, корчевка пней, валка леса. Разрушение старых построек, заводских труб, дноуглубительные работы.

3.3 Современные требования горнодобывающей промышленности к технологии создания зарядов. Характеристика условий использования и требования к ВВ в горнодобывающей промышленности. Требования по совершенствованию состава взрывчатых веществ, экологические требования. Простейшие аммиачно-селитренные ВВ, эмульсионные ВВ, изготовление ВВ на месте применения.

Раздел 4. Применение взрывчатых веществ в металлургии, военных и научных целях

4.1 Использование ВВ для обработки металла взрывом. Основные принципы обработки металла взрывом. Взрывная штамповка, сварка, резка, закалка, чеканка, взрывное упрочнение, прессование. Технология и ВВ, применяемые для этих видов работ.

4.2 Использование ВВ и других энергоёмких соединений для снаряжения боеприпасов. Обоснование требований к взрывчатым веществам, нашедшим применение в военном деле.

4.3 Технология создания сверхвысоких давлений с использованием энергии взрыва с целью получения сверхтвердых материалов (вюрцитоподобной модификации нитрида бора и ультрадисперсного алмаза). Взрывное компактирование и детонационный синтез.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Компетенции	Раздел				
		Введение	1	2	3	4
	Знать:					
1	– физические основы взрыва в средах с различными физико-механическими характеристиками;		+	+		
2	– методы оценки эффективности энергоёмких материалов по их физико-химическим свойствам и выбора оптимальной области использования для них;			+	+	+
3	– требования к энергоёмким материалам, вытекающие из условий их применения;				+	+
4	– методы использования энергоёмких материалов в военном деле, промышленности, науке;	+		+	+	+
5	– характеристики основных устройств и изделий, использующих энергию взрыва.			+	+	+
	Уметь:					
6	– прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик;			+	+	+
7	– решать прямые и обратные задачи взрыва энергонасыщенных материалов в различных средах.			+	+	+
	Владеть:					
8	– навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов;		+	+	+	+
9	– навыками изучения и обобщения информации в области разработки, исследования и применения энергонасыщенных материалов.	+	+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:						
10	ПК-3 Способен в составе группы проводить экспертизу происшествий с участием энергонасыщенных материалов и изделий	ПК-3.1 Знает теоретические основы современных методов химического и физико-химического анализа и их использования для идентификации энергонасыщенных материалов; методы оценки эффективности энергонасыщенных	+	+	+	+

№	Компетенции		Раздел				
			Введение	1	2	3	4
		материалов по их физико-химическим свойствам и области их использования; характеристики основных устройств и изделий, использующих энергию горения и взрыва;					
10		ПК-3.2 Умеет использовать имеющееся специальное оборудование и современные приборы физико-химического анализа для исследования энергонасыщенных материалов и изделий на их основе; решать прямые и обратные задачи взрыва энергонасыщенных материалов в различных средах;		+	+	+	+
		ПК-3.3 Владеет методами физико-химического анализа для установления структуры, анализа и обнаружения энергонасыщенных материалов; навыками проведения и организации работ с использованием химических и физико-химических методов анализа для решения криминалистических задач; навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов.		+	+	+	+

№	Компетенции		Раздел				
			Введение	1	2	3	4
11	ПК- 4 Способен разрабатывать инновационные методики и программы проведения исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний	ПК-4.1 Знает основные методы, использующиеся при проведении исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; физико-химические основы возникновения и развития самораспространяющихся процессов горения и детонации и методы расчёта их параметров; физические основы взрыва в различных средах; методы создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергонасыщенных смесевых материалов от природы и соотношения компонентов; прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик;	+	+	+	+	+

№	Компетенции		Раздел				
			Введение	1	2	3	4
		ПК-4.2 Умеет теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов; предлагать и решать задачи, связанные с проведением исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний;		+	+	+	+
		ПК-4.3 Владеет методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений; основными экспериментальными методами синтеза, анализа энергонасыщенных соединений, комплексного исследования их физико-химических и взрывчатых свойств.		+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Теория, свойства и применение взрывчатых веществ» в объеме 16 часов (0.45 зач. ед.) в 9 семестре. Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, приобретение навыков решения ряда практических задач в области энергонасыщенных материалов и изделий.

Примерные темы практических занятий

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1.1	Явление взрыва. Уравнения состояния продуктов взрыва конденсированных ВВ.	2
2	1.2	Основы теории разлёта продуктов взрыва.	2
3	2.1	Баланс энергии при взрыве. Вычисление работы и импульса взрыва.	4
4	2.4	Кумулятивное действие взрыва. Применение в военном деле и промышленности. Расчет эффективности заряда.	2
5	2.5	Использование теории подобия для определения удельного расхода ВВ, зон разрушения и безопасных расстояний при взрыве. Расчеты воронок выброса, безопасных расстояний по сейсмическому и ударноволновому воздействию.	4
6	4.2	Использование ВВ и других энергоёмких соединений для снаряжения боеприпасов, расчет скорости осколков. Расчет зон поражения ударной волной в воде и воздухе. Определение тротилового эквивалента боеприпаса по размерам зон поражения.	2

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

1. регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
2. подготовку к контрольным работам;
3. подготовку к сдаче экзамена.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме **экзамена** (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины

Текущий контроль освоения теоретических разделов дисциплины осуществляется по результатам трех контрольных работ.

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

Вид контроля	КР №1	КР №2	КР №3	Σ
Баллы	20	20	20	60

8.1.1. Примеры контрольных работ

Контрольная работа по содержанию раздела 2, разделы 2.1-2.4.

Вариант №1

1. Сравните фугасность вещества 370 см^3 в бомбе Траудля с другими ВВ.
2. Найдите эквивалентное количество аммонита №6 по Беляеву-Курбангалиной.
3. При взрыве 1 кг ВВ в баллистической мортире массой 1т на подвесе 4м отклонение составило 0,5м. Определить механическую энергию взрыва.
4. По предыдущим условиям рассчитать импульс взрыва.

Вариант №2

1. Кумулятивный заряд из гексогена с плотностью $1,7 \text{ г/см}^3$, облицовка – конус диаметром 100 мм и углом вершины 60 град, детонация распространяется по нормали к поверхности конуса. Рассчитать длину кумулятивной струи.
2. Рассчитать массу облицовки из меди при ее толщине 1 мм, массы струи и песта.
3. Рассчитать скорость кумулятивной струи.
4. Определить глубину пробития алюминиевой преграды данным боеприпасом.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	4	Σ
Баллы	5	5	5	5	20

Контрольная работа по содержанию раздела 2, раздел 2.5.

Вариант №1

1. Определите объем воронки с $p=2$ и $W=3\text{м}$ и массу породы, материал - гранит.
2. Определите расход ТНТ для образования воронки с $p=2$ и $W=3\text{м}$ в граните.
3. Определить безопасное расстояние по сейсмической волне.
4. Определить безопасное расстояние по ударной волне.

Вариант №2

1. Перевести в тротиловый эквивалент 200 кг скального аммонита.
2. Рассчитать геометрию воронки выброса с $p=1,5$ в глине.
3. Определить безопасное расстояние по сейсмической волне.
4. Определить безопасное расстояние по ударной волне.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	4	Σ
Баллы	5	5	5	5	20

Контрольная работа по содержанию раздела 4, раздел 4.2.

Вариант №1

1. Определите тротиловый эквивалент 50 кг пентолита.
2. Определите геометрические размеры заряда при плотности $1,6 \text{ г/см}^3$.
3. Для взрыва данного заряда в воде на глубине 10м определите размер газового пузыря.
4. Определите давление и импульс на расстоянии 10м от заряда.

Вариант №2

1. Определить тротиловый эквивалент наземного взрыва, если на расстоянии 100 м давление в ударной волне составляет 0,05 МПа.
2. Определите импульс ударной волны на этом расстоянии.
3. Рассчитайте радиусы зон разрушения по ударной волне.
4. Определите расстояние 50% вероятности летального исхода для неукрытого человека по ударной волне.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	4	Σ
Баллы	5	5	5	5	20

8.1.2. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины

1. Явление взрыва. Классификация взрывов по источникам энергии. Химические взрывчатые вещества.
2. Уравнения состояния продуктов взрыва. Методы экспериментального определения уравнения состояния продуктов взрыва.
3. Взаимодействие продуктов взрыва с различными средами. Расчет зоны расширения продуктов взрыва в воздухе.
4. Гидродинамическая теория волн сжатия и волн разгрузки. Ударная волна. Понятие о центрированной волне разгрузки.
5. Вычисление начальных параметров ударных волн при взрыве в вакууме и воздухе.
6. Вычисление начальных параметров ударных волн при взрыве в воде.
7. Вычисление начальных параметров ударных волн при взрыве в металле и абсолютно недеформируемом теле.
8. Понятие об ударной адиабате вещества, запись ударной адиабаты в обобщенной форме.
9. Экспериментальные методы изучения сжимаемости конденсированных веществ в области высоких и сверхвысоких давлений. Теоретическое и практическое значение этих результатов.
10. Работа взрыва. Баланс энергии при взрыве. Экспериментальные методы оценки работы взрыва.
11. Понятие о бризантном и фугасном действии взрыва. Импульс контактного взрыва и его связь с метательным и разрушающим действием взрыва.
12. Понятие об активной части заряда и методы ее вычисления.
13. Метательное действие взрыва. Экспериментальные методы его определения.
14. Явление откола и его роль в разрушающем действии взрыва.
15. Кумулятивное действие взрыва. Гидродинамическая теория формирования кумулятивной струи и ее бронепробивного действия.
16. Влияние формы кумулятивной поверхности и параметров детонации ВВ на бронепробивное действие кумулятивного заряда.
17. Закономерности формирования и распространения ударных волн в деформируемых средах.
18. Экспериментальные методы определения параметров ударных волн при взрыве в различных средах.
19. Вывод основных соотношений, определяющих удельный расход ВВ, зон разрушения и безопасных расстояний при взрыве с использованием элементов теории подобия.
20. Взрыв в грунте, давление и импульс в ударной волне, сейсмическое действие взрыва, зависимость от расстояния и вида грунта.

21. Взрыв в воде, давление и импульс в ударной волне, газовый пузырь, зависимость от глубины взрыва.
22. Взрыв в воздухе, давление и импульс в ударной волне, наземный и воздушный взрыв, зоны разрушения.
23. Применение ВВ в горнодобывающей промышленности. Влияние физико-механических свойств горных пород на удельный расход ВВ.
24. Системы горных выработок на открытой поверхности и под землей. Методы ведения взрывных работ в горной промышленности.
25. Метод накладных зарядов, шпуровых зарядов, Короткозамедленное взрывание. Особенности взрывных работ в шахтах опасных по газу и пыли.
26. Метод скважинных зарядов. Характеристика метода и область использования. Порядок взрывания скважин, схема коммутации. Взрывы на сброс и выброс.
27. Взрывные работы в нефтедобывающей промышленности. Торпедирование скважин, взрывное бурение, ликвидация аварий.
28. Взрывные работы в строительстве. Посадка насыпей, корчевка пней, валка леса. Разрушение старых построек, заводских труб, дноуглубительные работы.
29. Современные требования горнодобывающей промышленности к технологии создания зарядов. Характеристика условий использования и требования к ВВ в горнодобывающей промышленности.
30. Требования по совершенствованию состава взрывчатых веществ, экологические требования. Простейшие аммиачно-селитренные ВВ, эмульсионные ВВ, изготовление ВВ на месте применения.
31. Использование ВВ для обработки металла взрывом. Взрывная штамповка, взрывное упрочнение, прессование. Технология и ВВ, применяемые для этих видов работ.
32. Основные принципы обработки металла взрывом. Взрывная сварка, плакировка, резка. Технология и ВВ, применяемые для этих видов работ.
33. Использование ВВ и других энергоёмких соединений для снаряжения боеприпасов. Обоснование требований к взрывчатым веществам, нашедшим применение в военном деле.
34. Технология создания сверхвысоких давлений с использованием энергии взрыва с целью получения сверхтвердых материалов (вюрцитоподобной модификации нитрида бора и ультрадисперсного алмаза). Взрывное компактирование и детонационный синтез.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.1.3. Структура и пример экзаменационных билетов

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме устного итогового экзамена. Экзамен по дисциплине «Теория, свойства и применение взрывчатых веществ» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответ на каждый вопрос экзаменационного билета оценивается в 20 баллов, суммарная максимальная оценка 40 баллов. Общая оценка освоения дисциплины складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на экзамене. Максимальная оценка – 100 баллов.

Пример экзаменационного билета.

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий «__» _____ 202_г.	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Теория, свойства и применение взрывчатых веществ »
Билет № 1 1. Явление взрыва. Классификация взрывов по источникам энергии. Химические взрывчатые вещества. 2. Влияние формы кумулятивной поверхности и параметров детонации ВВ на бронепробивное действие кумулятивного заряда.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Андреев В. В., Гуськов А. В., Милевский К. Е., Слесарева Е. Ю. Теория горения и взрыва: высокоэнергетические материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2017, 323 с. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/teoriya-goreniya-i-vzryva-vysokoenergeticheskie-materialy-437947>.
2. Илюшин М.А., Савенков Г.Г., Мазур А.С. Промышленные взрывчатые вещества [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2018, 200 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107912>.
3. Лукьянов, В. Г. Взрывные работы: учебник для вузов. 2-е изд. [Электронный ресурс] – М.: Издательство Юрайт, 2018, 402 с. — ISBN 978-5-534-03748-7. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/vzryvnye-raboty-438700>.
4. Комащенко, В. И., Исмаилов Т. Т.; под ред. В. Г. Мартынова. Технология взрывных работ: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. [Электронный ресурс] – М.: Издательство Юрайт, 2018, 428 с., ISBN 978-5-534-06639-5. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/tehnologiya-vzryvnyh-rabot-441283>.
5. К.К. Андреев, А.Ф. Беляев "Теория ВВ", М., "Оборонгиз", 1963 (базовый учебник).

Б. Дополнительная литература:

1. Хотин В. Г. и др. Кумуляция и ее использование во взрывной технике: учебное пособие – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007, 87 с., ISBN 978-5-7237-0661-3.
2. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16 декабря 2013 г. N 605 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности при взрывных

работах" [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<http://ivo.garant.ru/#/document/70628432>.

3. Хотин, В. Г., Аникин Н.И., Красиков А.С. Обобщенные зависимости для расчета ударных адиабат конденсированных сред: учеб. пособие – М.: РХТУ. Издат. центр, 2002, 56 с., ISBN 5-7237-0364-1.
4. Серушкин В.В., Синдицкий В.П. Термодинамика процессов горения и детонации. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2012, 112 с.
5. Б.Н. Кондриков "Химическая термодинамика горения и взрыва." МХТИ, 1980, 80 стр.
6. Б.Н. Кондриков "Детонация." МХТИ, 1980, 80 стр.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Физика горения и взрыва. ISSN: 0430-6228

Химическая физика. ISSN (print): 0207-401X

Горение и взрыв. ISSN: 2305-9117

Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087

Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822

Thermochimica Acta. ISSN: 0040-6031

Combustion and Flame. ISSN: 0010-2180

International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678

Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 24);

банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 34);

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);

система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;

- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);

- файлообменная система Google Диск – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);

- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Теория, свойства и применение взрывчатых веществ» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: конспекты лекций в электронном виде, электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему MicrosoftWindows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное /вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение	<i>Знает:</i> - методы использования энергоёмких материалов в военном деле, промышленности, науке; <i>Владеет:</i> -навыками изучения и обобщения информации в области разработки, исследования и применения энергонасыщенных материалов.	Оценка за экзамен.
Раздел 1.	<i>Знает:</i> - физические основы взрыва в средах с различными физико-механическими характеристиками; <i>Владеет:</i> - навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов; - навыками изучения и обобщения информации в области разработки, исследования и применения энергонасыщенных материалов.	Оценка за экзамен.
Раздел 2.	<i>Знает:</i> - физические основы взрыва в средах с различными физико-механическими характеристиками;	Оценка за контрольную работу №1, 2; оценка за экзамен.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	- методы оценки эффективности энергоёмких материалов по их физико-химическим свойствам и выбора оптимальной области использования для них; - методы использования энергоёмких материалов в военном деле, промышленности, науке; - характеристики основных устройств и изделий, использующих энергию взрыва. <i>Умеет:</i> - прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик; - решать прямые и обратные задачи взрыва энергонасыщенных материалов в различных средах. <i>Владеет:</i> - навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов; - навыками изучения и обобщения информации в области разработки, исследования и применения энергонасыщенных материалов.	
Раздел 3.	<i>Знает:</i> - требования к энергоёмким материалам, вытекающие из условий их применения; - методы оценки эффективности энергоёмких материалов по их физико-химическим свойствам и выбора оптимальной области использования для них; - методы использования энергоёмких материалов в военном деле, промышленности, науке; - характеристики основных устройств и изделий, использующих энергию взрыва. <i>Умеет:</i> - прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик; - решать прямые и обратные задачи	Оценка за экзамен.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	взрыва энергонасыщенных материалов в различных средах. <i>Владеет:</i> - навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов; - навыками изучения и обобщения информации в области разработки, исследования и применения энергонасыщенных материалов.	
Раздел 4.	<i>Знает:</i> - требования к энергоёмким материалам, вытекающие из условий их применения; - методы оценки эффективности энергоёмких материалов по их физико-химическим свойствам и выбора оптимальной области использования для них; - методы использования энергоёмких материалов в военном деле, промышленности, науке; - характеристики основных устройств и изделий, использующих энергию взрыва. <i>Умеет:</i> - прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик; - решать прямые и обратные задачи взрыва энергонасыщенных материалов в различных средах. <i>Владеет:</i> - навыками и методиками расчета для различных условий практического применения энергонасыщенных материалов; - навыками изучения и обобщения информации в области разработки, исследования и применения энергонасыщенных материалов.	Оценка за контрольную работу №3; оценка за экзамен.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Теория, свойства и применение взрывчатых веществ»
основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Технология смесевых энергонасыщенных материалов»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024

Программа составлена:

доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,
Левшенковым А.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	11
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	11
4.2. Содержание разделов дисциплины.	16
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	18
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	22
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	22
8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ..	22
8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины	22
8.1.1. Темы рефератов	22
8.1.2. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины	23
8.1.3. Структура и пример экзаменационных билетов	25
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	26
9.1. Рекомендуемая литература	26
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.....	26
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	26
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	27
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	27
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:	27
11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	27
11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	27
11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения	28
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	28
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	32

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Технология смесевых ЭНМ») относится к дисциплинам специальности обязательной части Б1.О.38.03.

Дисциплина «Технология смесевых ЭНМ» читается в восьмом семестре.

Цель дисциплины – ознакомление обучающихся с общими принципами создания и современными требованиями к смесевым энергонасыщенным материалам, используемых в режиме детонации - смесевым взрывчатым веществам, их компонентной базой, составом, технологиями получения, физико-химическими и взрывчатыми свойствами, а также с принципами их использования в военных и мирных целях..

Основными задачами дисциплины является:

- формирование четких представлений о принципах создания и современных требованиях к смесевым энергонасыщенным материалам, их компонентной базе, структуре, технологии, свойствах, особенностях взрывного превращения и областях применения;
- формирование представления об историческом развитии, современном состоянии и перспективных направлениях создания смесевых энергонасыщенных материалов.

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганической, физической и коллоидной химии, физики, общей химической технологии, курса процессов и аппаратов химической технологии, а также профилирующих дисциплин «Основы технологий ЭНМ и изделий», «Химия энергонасыщенных соединений», «Химическая технология бризантных ЭНС», «Химическая физика ЭНМ».

Знания, полученные при изучении дисциплины, используются студентами во время последующих являются основой для последующего изучения специальных дисциплин «Теория, свойства и применение взрывчатых веществ» «Основы технологической безопасности производства энергонасыщенных материалов и изделий», технологической производственной практики и в процессе курсового проектирования.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

ПСК-1.1 (ПСК-1.1.1); **ПСК-1.2** (ПСК-1.2.5, ПСК-1.2.7, ПСК-1.2.8, ПСК-1.2.9); **ПСК-1.3** (ПСК-1.3.1, ПСК-1.3.4, ПСК-1.3.8, ПСК-1.3.9, ПСК-1.3.10, ПСК-1.3.12, ПСК-1.3.13).

Профессионально-специальные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
- Участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее - НИОКР), направленных на совершенствование получения и использования энергонасыщенных материалов и изделий и изучение их свойств; - разработка программ, методик, технических средств для проведения исследований свойств существующих и новых энергонасыщенных материалов и изделий; - обработка и анализ результатов экспериментальных исследований,	Индивидуальные и смесевые энергонасыщенные материалы и изделия на их основе; расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК- 1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно- технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований; ПК-1.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; использовать современное оборудование и приборы для проведения необходимых экспериментальных исследований; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада;	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. В /02.6. Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
формулирование выводов, подготовка отчетов и публикаций о результатах исследований, защита интеллектуальной собственности; - участие во внедрении результатов НИОКР; - поиск и анализ научно-технической информации в области энергонасыщенных материалов и изделий с целью научно-практической и патентной поддержки проводимых исследований.		современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ПК-1.3 Владеет навыками изучения и обобщения научно-технической информации по тематике исследований; современными методами обработки данных; принципами разработки экспериментальных методик и программ для проведения научных исследований; практическими навыками применения современного оборудования и приборов; приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов.	результатов исследований.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Технологический тип задач профессиональной деятельности				
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции; контроль над соблюдением технологической	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, свойств сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической	26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: разработки, проектирования, наладки, эксплуатации и совершенствования средств, методов получения и способов применения энергонасыщенных материалов и изделий; промышленного и опытного производства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов, исходных и промежуточных продуктов для их получения; промышленного и опытного производства изделий на основе энергонасыщенных материалов; эксплуатации и хранения энергонасыщенных материалов; надзора в области промышленной безопасности при получении и использовании энергонасыщенных

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.		кие осмотры; готов к обеспечению требований по техническому регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	технологии с учетом требований по техническому регулированию ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору технологической схемы производства энергонасыщенных материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий	материалов и изделий). Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
		ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов. ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
		материалов и изделий	различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов. ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объёму производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов.	

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

знать:

- критерии взрывчатости химических соединений и смесей, современную классификацию ЭНМ, основные формы их химического превращения;
- принципы создания индивидуальных и смесевых ЭНМ;
- основные направления использования ЭНМ в режимах горения и детонации;
- методы исследования физико-химических и взрывчатых свойств ЭНМ;
- этапы исторического развития, современное состояние и направления перспективами совершенствования ЭНМ;

уметь:

- анализировать информацию об ЭНМ, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения;
- прогнозировать пути совершенствования ЭНМ в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения ЭНМ;

- владеть:

- навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик составов;
- современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения смесевых энергонасыщенных материалов в России и за рубежом;
- навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения смесевых энергоемких материалов.

3. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0.9	32	24
Лекции	0.9	32	24
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лаборатория	-	-	-
Самостоятельная работа	1.1	40	30
Контактная самостоятельная работа	1,1	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		20	15
Реферат		20	15
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	0,56	20	15
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
Вид контроля:	экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лекции	Самостоятельная работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1	Раздел 1. Общая характеристика смесевых энергонасыщенных материалов.	12	6	6	

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лекции	Самостоя тельная работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1.1	Краткая характеристика области использования смесевых энергонасыщенных материалов в народном хозяйстве и военном деле. История создания и применения смесевых взрывчатых веществ. Примеры смесей и их взрывчатые свойства Чёрный порох, динамиты, смеси на основе пикриновой кислоты, перхлоратные взрывчатые вещества, смеси на основе жидкого кислорода, азотной кислоты, тетраоксида азота, гидразина. Требования, предъявляемые к смесевым материалам исходя из условий применения. Объём производства	4	2	2	
1.2.	Системы классификации смесевых энергонасыщенных материалов по взрывчатым свойствам, по составу, по условиям применения. Технические требования к смесевым энергонасыщенных материалам различных классов.	2	1	1	
1.3.	Основы теории детонации смесевых энергонасыщенных материалов. Особенности детонации энергонасыщенных смесевых материалов. Строение детонационного фронта, особенности распространения детонации вблизи пределов. Детонационные режимы с низкой и повышенной скоростью. Влияние физико-механических факторов на скорость и пределы распространения детонации. Теоретический расчёт детонационных характеристик смесевых ВВ: скорости детонации, давления детонации, работоспособности. Методы экспериментального определения эксплуатационных и детонационных характеристик смесей.	4	2	2	

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лекции	Самостоя- тельная работа	в т.ч. в форме пр. подг.
1.4.	Основы теории предохранительных взрывчатых веществ. Тепловые гипотезы о механизме воспламенения метано-воздушной среды взрывом. Развитие теории цепных реакций для объяснения механизма воспламенения метано-воздушной среды взрывом. Принципы построения состава предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытания на опасность воспламенения метана и угольной пыли. Причины выгорания взрывчатых веществ при ведении взрывных работ в угольных шахтах, методы оценки склонности к выгоранию и меры предотвращения выгорания.	2	1	1	
2	Раздел 2. Основы химической технологии производства смесевых составов	15	10	5	
2.1	Характеристика основных компонентов смесевого ВВ и принципы подбора смесевых композиций. Окислители, сравнительная характеристика. Горючее взрывчатое и не взрывчатое (металлы и органические соединения). Сенсibilизаторы детонации. Инертные добавки и их роль в составе. Прочие добавки, характеристика и назначение. Влияние состава взрывчатой композиции на детонационную способность, способность к горению, стабильность взрывчатых характеристик.	3	2	1	
2.2.	Характеристика основных химико-технологических процессов, используемых в производстве смесевых составов: сушка, дробление, смешение, грануляция.	3	2	1	
2.3.	Аппаратурное оформление технологических процессов производства смесевых ВВ. Конструкция и характеристика	3	2	1	

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лекции	Самостоя тельная работа	в т.ч. в форме пр. подг.
	аппаратов, используемых для сушки компонентов смесового ВВ, грубого и тонкого измельчения. Смесители непрерывного и периодического действия. Грануляторы, форсунки, классификаторы.				
2.4.	Основные технологические схемы производства взрывчатых смесей.	1,5	1	0,5	
2.4.1.	Технологические потоки производства порошкообразных взрывчатых смесей периодического и непрерывного действия.	1,5	1	0,5	
2.4.2.	Производство взрывчатых смесей, содержащих полимерные и пластифицирующие компоненты.	1,5	1	0,5	
2.4.3.	Производство грубодисперсных и гранулированных ВВ.	1,5	1	0,5	
3	Раздел 3. Состав, особенности изготовления и свойства основных типов смесевых энергонасыщенных материалов. Смеси на основе аммиачной селитры.	15	10	5	
3.1	Порошкообразные аммониты. Особенности производства. Физико-химические и взрывчатые свойства. Примеры современных составов. Динамоны.	3	2	1	
3.2	Гранулированные и грубодисперсные взрывчатые смеси. Граммониты и гранулиты. Состав и взрывчатые свойства. Методы горячего и холодного смешения. Гранулированные ВВ на основе аммиачной селитры, не содержащие взрывчатых компонентов. Взрывчатые свойства, состав и особенности изготовления.	3	2	1	
3.3	Гексогенсодержащие аммониты. Особенности производства. Взрывчатые свойства. Примеры составов.	3	2	1	

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов			
		Всего	Лекции	Самостоя тельная работа	в т.ч. в форме пр. подг.
3.4.	Водонаполненные взрывчатые вещества. Особенности изготовления и применения. Эмульсионные взрывчатые вещества. Состав. Физико-химические основы получения. Взрывчатые свойства. Особенности технологии получения.	3	2	1	
3.5	Смеси на основе жидких нитроэфиров (динамиты и детониты). Особенности производства. Взрывчатые свойства. Примеры составов, перспективы применения и производства. Низкопроцентные нитроглицериновые ВВ. Особенности производства. Физико-химические и взрывчатые свойства, примеры составов.	3	2	1	
4	Раздел 4. Смесевые взрывчатые вещества для различных промышленных, военных и технических целей.	10	6	4	
4,1	Высокоэнергетические литьевые и прессовые составы. Составы, содержащие жидкие компоненты – жидкие, пастообразные, пластичные, эластичные взрывчатые вещества. Жидкие и твёрдые вспененные взрывчатые вещества. Примеры смесей этого типа, используемых за рубежом и производимых отечественной промышленностью. Взрывчатые свойства, область применения. Пластизольная технология получения смесевых взрывчатых веществ. Термостойкие смесевые взрывчатые вещества. Возможность увеличения энергии взрыва боеприпаса за счёт использования кислорода воздуха. Однотактные и двухтактные объёмно-детонирующие системы – физико-химические основы применения. Термобарические составы	10	6	4	
		52	32	20	
	Реферат	20		20	20
	ИТОГО:	72	32	40	
	Экзамен	36			
	ИТОГО:	108			

4.2. Содержание разделов дисциплины.

Раздел 1. Общая характеристика смесевых энергонасыщенных материалов.

1.1. Краткий обзор возникновения и развития производства смесевых энергонасыщенных материалов в России и за рубежом.

Краткая характеристика области использования смесевых энергонасыщенных материалов в народном хозяйстве и военном деле. История создания и применения смесевых взрывчатых веществ. Примеры смесей и их взрывчатые свойства Чёрный порох, динамиты, смеси на основе пикриновой кислоты, перхлоратные взрывчатые вещества, смеси на основе жидкого кислорода, азотной кислоты, тетраоксида азота, гидразина. Требования, предъявляемые к смесевым материалам исходя из условий применения. Примеры решения хозяйственных и научно-технических задач с помощью СВВ. Объём производства.

1.2. Системы классификации смесевых энергонасыщенных материалов по взрывчатым свойствам, по составу, по условиям применения. Технические требования к смесевым энергонасыщенным материалам различных классов.

1.3. Основы теории детонации смесевых энергонасыщенных материалов. Особенности детонации энергонасыщенных смесевых материалов. Строение детонационного фронта, особенности распространения детонации вблизи пределов. Детонационные режимы с низкой и повышенной скоростью. Влияние физико-механических факторов на скорость и пределы распространения детонации. Теоретический расчёт детонационных характеристик смесевых ВВ: скорости детонации, давления детонации, работоспособности. Методы экспериментального определения эксплуатационных и детонационных характеристик смесей.

1.4. Основы теории предохранительных взрывчатых веществ. Тепловые гипотезы о механизме воспламенения метано-воздушной среды взрывом. Развитие теории цепных реакций для объяснения механизма воспламенения метано-воздушной среды взрывом. Принципы построения состава предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытания на опасность воспламенения метана и угольной пыли. Причины выгорания взрывчатых веществ при ведении взрывных работ в угольных шахтах, методы оценки склонности к выгоранию и меры предотвращения выгорания.

Раздел 2. Основы химической технологии производства смесевых составов.

2.1. Характеристика основных компонентов смесового ВВ и принципы подбора смесевых композиций. Окислители, сравнительная характеристика. Горючее взрывчатое и не взрывчатое (металлы и органические соединения). Сенсибилизаторы детонации. Инертные добавки и их роль в составе. Прочие добавки, характеристика и назначение. Влияние состава взрывчатой композиции на детонационную способность, способность к горению, стабильность взрывчатых характеристик.

2.2. Характеристика основных химико-технологических процессов, используемых в производстве смесевых составов: сушка, дробление, смешение, грануляция.

2.3. Аппаратурное оформление технологических процессов производства смесевых ВВ. Конструкция и характеристика аппаратов, используемых для сушки компонентов смесового ВВ, грубого и тонкого измельчения. Смесители непрерывного и периодического действия. Грануляторы, форсунки, классификаторы.

2.4. Основные технологические схемы производства взрывчатых смесей.

2.4.1. Технологические потоки производства порошкообразных взрывчатых смесей периодического и непрерывного действия.

2.4.2. Производство взрывчатых смесей, содержащих полимерные и пластифицирующие компоненты.

2.4.3. Производство грубодисперсных и гранулированных ВВ.

Раздел 3. Состав, особенности изготовления и свойства основных типов смесевых энергонасыщенных материалов. Смеси на основе аммиачной селитры.

3.1. Порошкообразные аммониты. Особенности производства. Физико-химические и взрывчатые свойства. Примеры современных составов. Динамоны.

3.2. Гранулированные и грубодисперсные взрывчатые смеси. Граммониты и гранулиты. Состав и взрывчатые свойства. Методы горячего и холодного смешения. Гранулированные ВВ на основе аммиачной селитры, не содержащие взрывчатых компонентов. Взрывчатые свойства, состав и особенности изготовления.

3.3. Гексогенсодержащие аммониты. Особенности производства. Взрывчатые свойства. Примеры составов.

3.4. Водонаполненные взрывчатые вещества. Особенности изготовления и применения. Эмульсионные взрывчатые вещества. Состав. Физико-химические основы получения. Взрывчатые свойства. Особенности технологии получения.

3.5. Смеси на основе жидких нитроэфиров (динамиты и детониты). Особенности производства. Взрывчатые свойства. Примеры составов, перспективы применения и производства. Низкопроцентные нитроглицериновые ВВ. Особенности производства. Физико-химические и взрывчатые свойства, примеры составов.

Раздел 4. Смесевые взрывчатые вещества для различных промышленных, военных и технических целей.

Высокоэнергетические литьевые и прессовые составы. Составы, содержащие жидкие компоненты – жидкие, пастообразные, пластичные, эластичные взрывчатые вещества. Жидкие и твёрдые вспененные взрывчатые вещества. Примеры смесей этого типа, используемых за рубежом и производимых отечественной промышленностью. Взрывчатые свойства, область применения. Пластизольная технология получения смесевых взрывчатых веществ. Термостойкие смесевые взрывчатые вещества. Возможность увеличения энергии взрыва боеприпаса за счёт использования кислорода воздуха. Однотактные и двухтактные объёмно-детонирующие системы – физико-химические основы применения. Термобарические составы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	Знать:				
1	теоретические основы построения составов энергоемких смесевых материалов;	+		+	+
2	принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергоемких смесевых материалов от природы и соотношения компонентов, плотности и структуры заряда, от внешних условий;	+		+	+
3	технологии производства, снаряжения и применения, физико-химические и взрывчатые свойства применяемых энергоемких смесевых материалов, пути их совершенствования;	+	+		+
4	состав и важнейшие свойства смесевых энергонасыщенных материалов наиболее часто применяемых в промышленных, военных и технических целях;			+	+
5	системы классификации производимых промышленностью смесевых взрывчатых веществ;	+		+	+
	Уметь:				
6	анализировать информацию об энергоемких смесевых материалах, определять их область применения в зависимости от состава, а также предлагать рецептуры составов для определённой области применения;	+		+	+
7	прогнозировать пути совершенствования энергоемких смесевых материалов в плане эффективности, экономичности и безопасности по компонентной базе, составу, структуре, технологиям получения, снаряжения, применения;	+	+	+	+
	Владеть:				
8	навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик смесевых энергонасыщенных материалов, входящих в технические требования на готовую продукцию;	+	+	+	
9	современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения смесевых энергонасыщенных материалов в России и за рубежом;			+	+
10	навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения смесевых энергоемких материалов.	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:						
№			Раздел			
			1	2	3	4
11	ПК-1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований	+			
		ПК-1.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; использовать современное оборудование и приборы для проведения необходимых экспериментальных исследований; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	+			
		ПК-1.3 Владеет навыками изучения и обобщения научно-технической информации по тематике исследований; современными методами обработки данных; принципами разработки экспериментальных методик и программ для проведения научных исследований; практическими навыками применения современного оборудования и приборов; приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	+			
12	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, свойств сырья	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности		+		

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:						
№			Раздел			
			1	2	3	4
	и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры; готов к обеспечению требований по техническому регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической технологии с учетом требований по техническому регулированию		+		
		ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору технологической схемы производства энергонасыщенных материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий		+	+	+
13	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов.	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие компетенции и индикаторы их достижения:						
№			Раздел			
			1	2	3	4
	основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов.	+	+	+	+
		ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объёму производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов.	+		+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» проведение практических и лабораторных занятий по дисциплине «Технология смесевых ЭНС» не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 40 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку и оформление реферата

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок текущего и итогового контроля. Текущий контроль освоения теоретических разделов дисциплины осуществляется по следующему виду работы - подготовка и защита реферата.

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов.

Итоговый контроль освоения теоретических разделов дисциплины – экзамен. Максимальная оценка на экзамене 40 баллов.

8.1.1. Темы рефератов

Примерный перечень тем рефератов:

1. Принципы создания СВВ
2. Классификация СВВ
3. История создания смесевых ВВ в 19 веке.
4. Нитроглицерин. Динамиты.
5. Хлоратные и перхлоратные ВВ.
6. Оксиды азота.
7. Жидкие ВВ на основе азотной кислоты и оксидов азота.
8. История создания смесевых ВВ в первой половине 20 века.
9. История создания смесевых ВВ во второй половине 20 века.
10. Современные тенденции в создании СВВ промышленного назначения.

11. Современные тенденции в создании СВВ военного назначения.
12. Жидкие ВВ на основе гидразина.
13. Жидкие ВВ на основе нитрометана
14. СВВ в различных агрегатных, фазовых и физических состояниях.
15. Состав и свойства современные СВВ для военных целей.
16. Состав и свойства современные СВВ для технических целей.
17. История промышленных ВВ.
18. Компонентная база промышленных ВВ.
19. Классификация промышленных ВВ.
20. Аммониты (состав и структура).
21. Нитроэфирные промышленных ВВ.
22. Предохранительные ВВ.
23. Типы водонаполненных ВВ.
24. Эмульсионные ВВ, структура и свойства.
25. Эмульсионные ВВ, состав и свойства.
26. Эмульсионные ВВ, технология получения.
27. Промышленные ВВ, технологии смешения, взрывчатые характеристики.
28. Снаряжение, основные методы, аппаратное оформление
29. Принципы создания и промышленных ВВ.
30. Компонентная база промышленных СВВ.
31. Состав и структура аммонитов.
32. Использование СВВ в технических целях.
33. Использование СВВ в военных целях.
34. Особенности получения компонентов СВВ.
35. Пластичные СВВ.
36. Эластичные ВВ.
37. СВВ для зарядов пониженной плотности.
38. Технология порошкообразных аммонитов.
39. Технология гранулированных аммонитов.
40. Испытания зарядов СВВ.

8.1.2. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины

1. Краткая характеристика области использования смесевых энергонасыщенных материалов в народном хозяйстве и военном деле.
2. История создания и применения смесевых взрывчатых веществ. Примеры смесей и их взрывчатые свойства.
3. Чёрный порох, динамиты, смеси на основе пикриновой кислоты, перхлоратные взрывчатые вещества.
4. Смеси на основе жидкого кислорода, азотной кислоты, тетраоксида азота, гидразина.
5. Требования, предъявляемые к смесевым ЭНМ исходя из условий применения. Объём производства.
6. Системы классификации смесевых энергонасыщенных материалов по взрывчатым свойствам, по составу, по условиям применения.

7. Технические требования к смесевым энергонасыщенным материалам различных классов.
8. Основы теории детонации смесевых энергонасыщенных материалов.
9. Особенности детонации энергонасыщенных смесевых материалов.
10. Строение детонационного фронта, особенности распространения детонации вблизи пределов. Детонационные режимы с низкой и повышенной скоростью..
11. Влияние физико-механических факторов на скорость и пределы распространения детонации.
12. Теоретический расчёт детонационных характеристик смесевых ВВ: скорости детонации, давления детонации, работоспособности. Методы экспериментального определения эксплуатационных и детонационных характеристик смесей.
13. Основы теории предохранительных взрывчатых веществ. Тепловые гипотезы о механизме воспламенения метано-воздушной среды взрывом..
14. Развитие теории цепных реакций для объяснения механизма воспламенения метано-воздушной среды взрывом. Принципы построения состава предохранительных взрывчатых веществ.
15. Методы испытания на опасность воспламенения метана и угольной пыли. Причины выгорания взрывчатых веществ при ведении взрывных работ в угольных шахтах, методы оценки склонности к выгоранию и меры предотвращения выгорания.
16. Характеристика основных компонентов смесового ВВ и принципы подбора смесевых композиций.
17. Окислители СВВ, сравнительная характеристика.
18. Невзрывчатые горючие СВВ (металлы и органические соединения).
19. Сенсibilизаторы детонации.
20. Инертные добавки и их роль в составе. Прочие добавки, характеристика и назначение.
21. Влияние состава взрывчатой композиции на детонационную способность, способность к горению, стабильность взрывчатых характеристик.
22. Характеристика основных химико-технологических процессов, используемых в производстве смесевых составов: сушка, дробление, смешение, грануляция.
23. Аппаратурное оформление технологических процессов производства смесевых ВВ. Конструкция и характеристика аппаратов, используемых для сушки компонентов смесового ВВ, грубого и тонкого измельчения.
24. Смесители непрерывного и периодического действия. Грануляторы, форсунки, классификаторы.
25. Основные технологические схемы производства взрывчатых смесей
26. Технологические потоки производства порошкообразных взрывчатых смесей периодического и непрерывного действия.
27. Производство взрывчатых смесей, содержащих полимерные и пластифицирующие компоненты.
28. Производство грубодисперсных и гранулированных ВВ.
29. Порошкообразные аммониты. Особенности производства. Физико-химические и взрывчатые свойства.
30. Порошкообразные аммониты. Примеры современных составов. Динамоны.
31. Гранулированные и грубодисперсные взрывчатые смеси. Граммониты и гранулиты. Состав и взрывчатые свойства. Методы горячего и холодного смешения.
32. Гранулированные ВВ на основе аммиачной селитры, не содержащие взрывчатых компонентов. Взрывчатые свойства, состав и особенности изготовления.
33. Гексогенсодержащие аммониты. Особенности производства. Взрывчатые свойства. Примеры составов.
34. Водонаполненные взрывчатые вещества. Особенности изготовления и применения.

35. Водонаполненные взрывчатые вещества. Направления совершенствования.
36. Эмульсионные взрывчатые вещества. Состав. Физико-химические основы получения.
37. Эмульсионные взрывчатые вещества. Взрывчатые свойства. Особенности технологии получения.
38. Смеси на основе жидких нитроэфиров (динамиты и детониты). Особенности производства. Взрывчатые свойства. Примеры составов, перспективы применения и производства.
39. Низкопроцентные нитроглицериновые ВВ. Особенности производства. Физико-химические и взрывчатые свойства, примеры составов.
40. Высокоэнергетические литьевые и прессовые составы.
41. Составы, содержащие жидкие компоненты – жидкие, пастообразные, пластичные, эластичные взрывчатые вещества.
42. Жидкие и твердые вспененные взрывчатые вещества. Примеры смесей этого типа, используемых за рубежом и производимых отечественной промышленностью. Взрывчатые свойства, область применения.
43. Пластизольная технология получения смесевых взрывчатых веществ.
44. Термостойкие смесевые взрывчатые вещества.
45. Возможность увеличения энергии взрыва боеприпаса за счёт использования кислорода воздуха.
46. Однотактные и двухтактные объёмно-детонирующие системы – физико-химические основы применения.
47. Термобарические составы.

8.1.3. Структура и пример экзаменационных билетов

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме устного итогового экзамена. Экзамен по дисциплине «Основы технологий смесевых ЭНМ» включает контрольные вопросы по введению и модулям 1-4 учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответ на каждый вопрос экзаменационного билета оценивается в 20 баллов, суммарная максимальная оценка 40 баллов. Общая оценка освоения дисциплины складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на экзамене. Максимальная оценка – 100 баллов.

Пример экзаменационного билета.

<i>«Утверждаю»</i> Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Основы технологий смесевых ЭНМ»
Билет № 1 1. Требования, предъявляемые к смесевым ЭНМ исходя из условий применения. Объём производства. 2. Эмульсионные взрывчатые вещества. Состав. Физико-химические основы получения.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Н.А. Покалюхин и др. Технология смесевых энергоемких материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие /— Электрон. дан. – Казань : КНИТУ, 2017. – 112 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102048>.
2. М.А. Илюшин, Г.Г. Савенков, А.С. Мазур. Промышленные взрывчатые вещества [Электронный ресурс] : учебное пособие /— Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 200 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107912>.

Б. Дополнительная литература:

1. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь/ Под ред. Б.П.Жукова. Изд. 2-е, исправл. – М.: Янус-К, 2000. 596 с. / 1999.
2. Генералов М.Б. Основные процессы и аппараты технологии промышленных взрывчатых веществ.-М: Академкнига, 2004, -397с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Физика горения и взрыва. ISSN: 0430-6228
Химическая физика. ISSN (print): 0207-401X
Горение и взрыв. ISSN: 2305-9117
Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087
Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822
Thermochimica Acta. ISSN: 0040-6031
Combustion and Flame. ISSN: 0010-2180
International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678
Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы курса «Основы технологий смесевых ЭНМ» подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 40);

банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 47);

демонстрационный материал: образцы компонентов смесевых ЭНМ; модели аппаратов технологий смесевых ЭНМ; элементы конструкций аппаратов технологий смесевых ЭНМ.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 25.05.2023);

- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 25.05.2023);

- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 25.05.2023);
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Основы технологий смешевых ЭНМ» проводятся в форме лекций и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: конспекты лекций в электронном виде, электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	<i>Знает</i> - теоретические основы построения составов энергоемких смесевых материалов; - системы классификации производимых промышленностью смесевых взрывчатых веществ; - принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергоемких смесевых материалов от природы и соотношения компонентов, плотности и структуры заряда, от внешних условий; - технологии производства, снаряжения и применения, физико-химические и взрывчатые свойства применяемых энергоемких смесевых материалов, пути их совершенствования; <i>Умеет:</i> - прогнозировать пути совершенствования энергоемких	Оценка за реферат; оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	смесевых материалов в плане эффективности, экономичности и безопасности по компонентной базе, составу, структуре, технологиям получения, снаряжения, применения; <i>Владеет:</i> - навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик смесевых энергонасыщенных материалов, входящих в технические требования на готовую продукцию; - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения смесевых энергоемких материалов.	
Раздел 2.	<i>Знает:</i> - теоретические основы работы и основные принципы устройства жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, ствольных систем, газогенераторов, МГД-генераторов; <i>Умеет:</i> - прогнозировать пути совершенствования энергоемких смесевых материалов в плане эффективности, экономичности и безопасности по компонентной базе, составу, структуре, технологиям получения, снаряжения, применения; <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; - навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений; - технологии производства, снаряжения и применения, физико-химические и взрывчатые свойства применяемых энергоемких смесевых материалов, пути их совершенствования; - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием	Оценка за реферат; оценка за экзамен.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Технология смесевых энергонасыщенных материалов»

основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Химическая технология бризантных энергонасыщенных соединений»

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

к.х.н., доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»
Юдиным Н.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота « 30 » мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	9
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	10
4.2. Содержание разделов дисциплины.....	11
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	13
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	17
6.1. Практические занятия	17
6.2. Лабораторные работы	18
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	19
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	19
8.1. Оценочные средства текущего освоения разделов дисциплины.....	19
8.1.1. Темы контрольных опросов и контрольных работ	19
8.1.2. Перечень вопросов и задач для контрольных работ	20
8.1.3. Примеры контрольных работ	29
8.1.4. Перечень вопросов для защиты лабораторных работ	30
8.1.5. Темы рефератов.....	36
8.2. Оценочные средства для итогового контроля освоения разделов дисциплины	38
8.2.1. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины.....	38
8.2.2. Структура и пример экзаменационных билетов.....	42
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	43
9.1. Рекомендуемая литература	43
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации	44
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	44
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	44
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	46
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе.....	46
11.2. Учебно-наглядные пособия	47
11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	47
11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	47
11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения	47
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	48
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	51

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение двух семестров.

Дисциплина «Химическая технология бризантных ЭНС» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.02).

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общетеоретических дисциплин органической, физической и аналитической химии, физики, процессов и аппаратов химической технологии, общей химической технологии. Знания, полученные при изучении дисциплины, являются основой для последующего выполнения студентами специальных дисциплин «Научно-исследовательский практикум» и выпускной квалификационной работы.

Цель дисциплины «Химическая технология бризантных ЭНС» – научить студентов общим принципам построения технологических процессов производства энергонасыщенных соединений (ЭНС) и их эксплуатации.

Основные задачи дисциплины:

- сформировать четкие представления о возможностях, решаемых задачах, областях применения, аппаратном и технологическом оформлении и эксплуатации производства энергонасыщенных соединений;
- обучить навыкам проведения работ с использованием энергонасыщенных соединений.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью ознакомления обучающихся:

1. с общими принципами и подходами к организации технологических процессов производства энергоемких материалов;
2. с принципиальной схемой цеха по получению нитросоединений;
3. с конструкцией, типами и принципами функционирования реакционного узла в производстве нитросоединений;
4. с общим технологическим оформлением процессов нитрования;
5. с технологическими подходами к производству производства ароматических нитросоединений, N-нитраминов, нитроэфиров, ряда малочувствительных ВВ и нитросоединений, используемых в качестве промежуточных продуктов в химической промышленности.

Дисциплина «Химическая технология бризантных ЭНС» преподается в 7 и 8 семестрах. Дисциплина включает лекции, практические занятия и лабораторный практикум. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть частично реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции;	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, свойств сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры; готов к обеспечению требований по техническому	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
контроль над соблюдением технологической дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.		регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	технологии с учетом требований по техническому регулированию ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору технологической схемы производства энергонасыщенных материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции; контроль над соблюдением технологической	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.			совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов. ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

Знать:

- основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства;
- теоретические основы процессов нитрования – механизм, кинетику и термодинамику;
- аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов;
- технологические процессы получения основных энергонасыщенных соединений;

Уметь:

- синтезировать и получать основные энергонасыщенные материалы классов нитроароматических соединений, нитраминов, нитроэфиров и гетероциклических соединений
- экспериментально определять основные физические и физико-химические характеристики энергонасыщенных соединений, проводить их анализ химическими и физико-химическими методами;
- выполнять расчеты кислотных смесей, осуществлять выбор основных параметров технологических процессов получения нитросоединений.

Владеть:

- современной информацией по организации и объему производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом;
- навыками экспериментальной работы по получению и исследованию энергонасыщенных соединений.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Всего		7 семестр		8 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	11	396	3	108	8	288
Контактная работа – аудиторные занятия:	4.45	160	0.9	32	3.55	128
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2.22</i>	<i>80</i>	-	-	<i>2.22</i>	<i>80</i>
Лекции (Лек)	1.34	48	0.9	32	0.44	16
Практические занятия (ПЗ)	0.44	16	-	-	0.44	16
Лабораторные занятия (Лаб)	2.67	96	-	-	2.67	96
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2.22</i>	<i>80</i>	-	-	<i>2.22</i>	<i>80</i>
Самостоятельная работа:	4.55	164	1.1	40	3.45	124
Контактная самостоятельная работа	4.55	-	1.1	-	3.45	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		164		40		124
Экзамен	2	72	1	36	1	36
Контактная работа – промежуточная аттестация	2	0.8	1	0.4	1	0.4
Подготовка к экзамену		71.2		35.6		35.6
Вид контроля:			Экзамен		Экзамен	

Виды учебной работы	Всего		7 семестр		8 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	11	297	3	81	8	216
Контактная работа – аудиторные занятия:	4.45	120	0.9	24	3.55	96
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2.22</i>	<i>60</i>	-	-	<i>2.22</i>	<i>60</i>
Лекции (Лек)	1.34	36	0.9	24	0.44	12
Практические занятия (ПЗ)	0.44	12	-	-	0.44	12
Лабораторные занятия (Лаб)	2.67	72	-	-	2.67	72
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2.22</i>	<i>60</i>	-	-	<i>2.22</i>	<i>60</i>
Самостоятельная работа:	4.55	123	1.1	30	3.45	93
Контактная самостоятельная работа	4.55	-	1.1	-	3.45	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		123		30		93
Экзамен	2	54	1	27	1	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	2	0.6	1	0.3	1	0.3
Подготовка к экзамену		53.4		26.7		26.7
Вид контроля:			Экзамен		Экзамен	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Практ. занятия	Лабораторные работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1	Введение. Химическая технология энергонасыщенных соединений	5		1	-			4
2	Раздел 1. Общие принципы подхода к организации технологических процессов производства энергоемких материалов	9		3	-	-		6
3	Раздел 2. Принципиальная схема цеха по получению нитросоединений.	14		4	-	-		10
4	Раздел 3. Реакционный узел в производстве нитросоединений. Дополнительные главы теории нитрования	26		4	2	-		20

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лек- ции	Практ. занятия	Лабора- торные работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
5	Раздел 4. Технологическое оформление процессов нитрования.	29		6	3	-		20
6	Раздел 5. Производство ароматических нитросоединений	29		6	3	-		20
7	Раздел 6. Технология N-нитраминов	53	20	6	2	24	20	21
8	Раздел 7. Технология нитроэфиров	53	20	6	2	24	20	21
9	Раздел 8. Малочувствительные ВВ и составы—основное направление развития ЭМ	53	20	6	2	24	20	21
10	Раздел 9. Технология нитросоединений, используемых в качестве промежуточных продуктов в химической промышленности	53	20	6	2	24	20	21
11	Подготовка к экзамену и промежуточной аттестации	72						
	Всего часов	396	80	48	16	96	80	164

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Химическая технология энергонасыщенных соединений - раздел химической технологии, особенности которого обусловлены опасностью получаемых продуктов и реакционных масс, используемых при их производстве.

Раздел 1. Общие принципы подхода к организации технологических процессов производства энергоёмких материалов

Факторы, определяющие целесообразность создания новых и модернизации существующих производств. Выбор и синтез новых соединений, изучение их физических, химических и специальных свойств, определение области использования. Параметры, определяющие эффективность технологии: наличие широкой сырьевой базы, экономическая эффективность, технологическая и экологическая безопасность.

Раздел 2. Принципиальная схема цеха по получению нитросоединений.

Особенности производства нитросоединений с позиций технологической безопасности. Системы приема и хранения сырья, обеспечения производства электроэнергией, теплом, хладагентами, сжатыми газами. Системы регенерации отработанных (азотной, серной и уксусной) кислот и растворителей. Их роль в производстве нитросоединений. Основные стадии процесса. Охрана природы при производстве ВВ. Технологические решения с целью оптимизации расхода реагентов.

Организация кислото- и водооборота. Биологическая очистка сточных вод. Взрывобезопасное оформление систем вентиляции и сбора отходов.

Раздел 3. Реакционный узел в производстве нитросоединений. Дополнительные главы теории нитрования

Системы подготовки компонентов. Методы регулирования и обеспечения равномерности дозирования компонентов в реакторы для многокомпонентных систем. Теплота реакции нитрования и разбавления кислот и их смесей.

Механизм, кинетика и термодинамика процессов нитрования. Нитрование в безводных кислотных смесях: связь скорости нитрования с функциями кислотности (H_0 , H_R , M). π - и σ -Комплексы, конкурирующее нитрование. Роль катион-радикалов в реакциях окислительного и «нормального» нитрования, Ипсо-нитрование: его роль в основных и побочных процессах. Параллельно протекающие реакции при нитровании.

Каталитическое нитрование. Природа твердых катализаторов. Их влияние на скорость процесса и изомерный состав продуктов нитрования.

Раздел 4. Технологическое оформление процессов нитрования.

Нитрование в гомогенных и гетерогенных системах. Использование кинетической и диффузионной моделей для количественного описания лабораторных и промышленных процессов нитрования в гетерогенных системах. Организация потоков при нитровании. Кислотооборот.

Взрывоопасность целевых продуктов, реакционных смесей, возможность возникновения взрыва в вспомогательных системах. Меры, предупреждающие возникновение аварий. Аппаратурное оформление процессов. Конструкции реакторов. Конструкции сепараторов. Химические процессы, протекающие в сепараторе, их учет при оценке опасности процесса. КИП.

Раздел 5. Производство ароматических нитросоединений

Химия нитропроизводных бензола, толуола и других ароматических углеводородов. Химические реакции, протекающие при получении тротила. Кинетика процессов. Реакционная способность изомеров нитротолуолов на стадиях нитрования и очистки. Технология тринитротолуола. Современное технологическое оформление стадии нитрования в России и за рубежом. Перспективные технологические процессы. Стадия очистки: физические и химические методы; технологическое оформление стадии очистки. Сушка тротила, стадии чешуирования и грануляции. Физико-химические основы и аппаратурное оформление процессов. Математическое моделирование процесса нитрования в производстве тринитротолуола.

Химия и технология замещенных бензолов: тринитропроизводные фенола, резорцина, хлорбензола, анилина. Получение прямым нитрованием и косвенными методами. Применение в синтезе термостойких ВВ. Химия и технология нитронафталинов. Термостойкие ВВ.

Раздел 6. Технология N-нитраминов

Химия и технология ароматических нитраминов. Тетрил. Особенности нитрования ароматических аминов в ядро и по атому азота. Технология тетрила. Кинетика, механизм процесса в среде концентрированной серной и разбавленной азотной кислоты. Циклические полинитрамины. Особенности строения и свойства циклических полинитраминов, полиморфизм. Области применения. Кинетика и тепловые эффекты нитролиза уротропина. Технология гексогена. Сравнительная характеристика отечественной и зарубежной технологии гексогена. Получение в среде азотной кислоты и уксусно-азотных кислотных смесей Флегматизация, физико-химические основы и технологическое оформление процесса. Технология октогена. Уксусно-ангидридная технология октогена. Процессы кристаллизации и рекристаллизации, физико-химические основы. Возможности регулирования кристаллической модификации и

гранулометрического состава. Получение октогена через ДАПТ и ТАТ. «Безангидридная» технология. Перспективные процессы.

Раздел 7. Технология нитроэфиров

Строение и реакционная способность О-нитросоединений. Области применения. Методы получения и очистки. Технология тетранитропентаэритрита и нитроглицерина. Особенности аппаратного и технологического оформления. Обеспечение безопасности процесса. Нитроцеллюлоза. Особенности организации процесса нитрования целлюлозы. Современная технология нитроцеллюлозы. Стабилизация.

Раздел 8. Малочувствительные ВВ и составы

Малочувствительные ВВ (МЧВВ) и составы (МЧВС). Ударноволновая чувствительность как основная характеристика этих систем. Три основных направления в разработке МЧВВ и МЧВС: 1) введение новых добавок в существующие ВВ; 2) составы на основе циклических нитраминс с полимерным связующим; 3. новые МЧВВ. Химия и технология 1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензола, 2,2',4,4',6,6'-гексанитростильбена, 3-нитро-1,2,4-триазол-3-она)

Раздел 9. Технология нитросоединений, используемых в качестве промежуточных продуктов в химической промышленности

Технология нитробензола и анилина; динитротолуола и толуилنديамина. Производство толуилен- и метилنديизоцианатов. Основные потребители нитросоединений: производства полимеров, красителей и биологически-активных веществ. Процессы восстановления нитрогруппы: механизм, кинетика, термодинамика. Катализаторы, их состав и структура. Блочные катализаторы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Знать:									
1	- основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства;	+								
2	- теоретические основы процессов нитрования –механизм, кинетику и термодинамику;				+			+	+	+
3	-аппаратурное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов;			+	+			+	+	+
4	- технологические процессы получения основных энергонасыщенных соединений;			+	+	+		+	+	+
	Уметь:									
5	- синтезировать и получать на непрерывной установке основные энергонасыщенные вещества классов нитроароматических соединений, нитраминс, нитроэфиров и гетероциклических соединений							+	+	+

№	В результате освоения дисциплины студент должен:		Раздел								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	- экспериментально определять основные физические и физико-химические характеристики энергонасыщенных соединений, проводить их анализ химическими и физико-химическими методами;				+			+	+	+	+
7	- выполнять расчеты кислотных смесей, основных параметров технологических процессов получения нитросоединений.				+	+			+	+	+
	Владеть:										
8	- современной информацией по организации и объему производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом;		+						+	+	+
9	- навыками экспериментальной работы по получению и исследованию энергонасыщенных соединений		+		+				+	+	+
	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, свойств сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры;	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности	+	+	+	+	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
готов к обеспечению требований по техническому регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической технологии с учетом требований по техническому регулированию	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору технологической схемы производства энергонасыщенных	+	+	+	+	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий									
ПК-5 Готов синтезировать и исследовать физико-химические, взрывчатые свойства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов;	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения	+	+	+	+	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов.;									
	ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объёму производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	+	+	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Химическая технология бризантных ЭНС» в объеме 16 часов (0,44 зач. ед.) в 8 семестре. Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, приобретение навыков решения ряда практических задач в области технологии бризантных ЭНС.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	3	Методы исследования кинетики нитрования	2
2	4	Конструкция основных типов нитраторов	3
3	5	Технологическая схема производства динитротолуола и тринитротолуола	3
4	6	Технологическая схема производства гексогена и октогена	2
5	7	Варианты технологии производства жидких нитроэфиров	2
6	8	Варианты технологии производства нитротриазолона и диаминодинитроэтилена	2
7	9	Технологическая схема производства нитробензола и тринитротолуола	2

6.2. Лабораторные работы

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение лабораторного практикума по дисциплине «Химическая технология бризантных ЭНС» в объеме 96 часов (2,67 зач. ед.) в 8 семестре.

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Химическая технология бризантных ЭНС», а также направлено на приобретение практических навыков экспериментальной работы по синтезу энергонасыщенных материалов. Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов. Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела Дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	4, 5	Получение динитротолуола на установке непрерывного действия. Определение основных параметров процесса	9
2	5	Получение и очистка тринитротолуола	9
3	5	Нитрование фенолов	9
4	5, 6	Нитрование ароматических аминов	9
5	6	Получение циклических нитраминов. Нитрование уротропина в среде концентрированной азотной кислоты	9
6	6	Получение циклических нитраминов. Нитрование уротропина в среде уксусно-азотных смесей	9
7	7	Получение твердых нитроэфиров	24
8	8	Получение гетероароматических нитросоединений, НТО	9
9	8	Викариозное нуклеофильное замещение, ТАТБ	9

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 164 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- 1) регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
- 2) подготовку к контрольным работам;
- 3) подготовку к защите лабораторных работ;
- 4) выполнение реферата.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Оценочные средства текущего освоения разделов дисциплины

Текущий контроль освоения теоретических и практических разделов дисциплины, включающей лабораторный практикум, осуществляется по результатам четырех контрольных опросов на защите лабораторных работ (КО), четырех контрольных работ (КР) и реферата (Р).

По итогам контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

7 семестр

Контрольная работа	КР №1	КР №2	КР №3	Σ
Баллы	20	20	20	60

8 семестр

КО / КР / Р	КО №1	КО №2	КО №3	КО №4	КР №1	Р	Σ
Баллы	10	10	10	10	10	10	60

Итоговый контроль освоения теоретических разделов дисциплины – экзамен. Максимальная оценка на экзамене – 40 баллов.

8.1.1. Темы контрольных опросов и контрольных работ

Контрольная работа № 1 - Нитрующие системы. Кинетика и механизм нитрования.

Контрольная работа № 2 – Аппаратурное оформление процессов нитрования в технологии ЭНС.

Контрольная работа № 3 – Промышленные методы (технология) получения основных бризантных ЭНС.

Контрольная работа № 4 – решение задач по тематике дисциплины

КО № 1 – Лабораторный синтез, химия и технология ЭНС класса ароматических нитросоединений.

КО № 2 - Лабораторный синтез, химия и технология ЭНС класса нитраминов.

КО № 3 - Лабораторный синтез, химия и технология ЭНС класса нитроэфитров.

КО № 4 - Лабораторный синтез, химия и технология малочувствительных ЭНС.

Реферат – методы синтеза, свойства и применение ЭНС.

8.1.2. Перечень вопросов и задач для контрольных работ

Вопросы

- 1) Стадия подготовки жидких и твердых компонентов.
- 2) Принципиальная схема цеха по получению нитросоединений.
- 3) Свойства серной кислоты; ее хранение; стадия регенерации серной кислоты.
- 4) Свойства азотной кислоты, ее хранение; стадия регенерации азотной кислоты.
- 5) Решение экологических задач в процессах производства нитросоединений
- 6) Основные технологические особенности стадии нитрования. Периодические и непрерывные процессы, противоток, кислотооборот. Обосновать целесообразность каждого из них.
- 7) Конструкции нитраторов, общие требования.
- 8) Конструкция нитратора со статическим сепаратором, достоинства и недостатки, область использования.
- 9) Конструкция нитратора с динамическим - центробежным сепаратором достоинства и недостатки, область использования.
- 10) Каким образом в нитраторах решается задача интенсификации процесса.
- 11) Типы теплообменных элементов, используемых в нитраторах, их достоинства и недостатки. Конструкции аппаратов с этими элементами.
- 12) Система аварийного сброса. Назначение, устройство, принцип действия. Система аварийного сброса в совмещенных аппаратах со статическим сепаратором.
- 13) Приведите известные Вам доказательства существования иона нитрония и его участия в процессах нитрования.
- 14) пи- и сигма-комплексы, их роль в процессе ароматического нитрования.
- 15) Катион-радикалы. Их роль в ароматическом нитровании.
- 16) Максимум Мартинсена, факторы, определяющие возможность второго максимума.
- 17) Гетерогенные процессы нитрования. Факторы, определяющие скорость процесса для мало- и высокорекреакционноспособных соединений. Скорость нитрования в двухфазных системах.
- 18) Роль процессов диффузии при нитровании. Диффузионная и кинетическая модель.
- 19) Что такое конверсия? В каком из нижеприведенных процессов конверсия должна быть низкой, а в какой высокой: а) Нитрование бензола, скорость введения 2-ой нитрогруппы примерно в миллион раз меньше, чем первой. б) Взаимодействие пропилена с бензолом в присутствии катализатора. Скорость введения второй группы примерно в 10 раз выше, чем первой.
- 20) Селективность химических процессов. Чему равна селективность получения изомеров динитробензола из нитробензола, если реакционная масса содержит 80% 1,3-динитробензола, 9% 1,2-динитробензола, 1% 1,4-ДНБ и 10% нитробензола?
- 21) Какие параметры характеризуют технологичность процесса получения ВВ. Обоснуйте правильность выбора каждого из них.
- 22) Использование гетерогенных катализаторов в процессах нитрования.
- 23) Основные требования к гетерогенным катализаторам
- 24) Стадия приема и хранения сырья. Условия хранения.
- 25) Киодай-нитрование. Цели. Достоинства и недостатки.
- 26) Трубчатый реактор, инжектор. Их назначение, достоинства и недостатки.
- 27) Штатные и специальные ВВ.
- 28) Основные этапы выбора новых ВВ для создания их технологии.
- 29) Основные параметры, определяющие технологичность процесса.
- 30) Составляющие себестоимости продукции.
- 31) Кинетика гомогенного нитрования.
- 32) Последовательность действий при создании технологии нового ВВ.
- 33) Тепловые эффекты при нитровании.
- 34) Химия нитрования толуола. Изомерный состав тротила.

- 35) Химия нитрования производных бензола с донорными и акцепторными заместителями.
- 36) Химические свойства тринитротолуола.
- 37) Получение тринитробензола (3-4 метода).
- 38) Получение тетра-, пента- и гексанитробензола. Их свойства химические, физические, взрывчатые.
- 39) Реакции нуклеофильного замещения на примере изомеров ди- и тринитробензола и толуола и на стадии очистки этих соединений.
- 40) Термостойкие ВВ. Требования к ним. Приведите примеры и свойства соединений этого класса. Область использования.
- 41) Приведите методы синтеза 2,4,6-тринитротриаминобензола (не менее трех).
- 42) Приведите методы синтеза 2,2,4,4,6,6-гексанитро-3,3-диаминодифенила
- 43) Приведите методы синтеза 2,4,6-тринитродиаминобензола (не менее двух).
- 44) Гексанитростильбен, свойства, синтез и использование.
- 45) Гексанитростильбен, технология получения.
- 46) 2,4,6-Тринитротриаминобензол, технология получения.
- 47) Реакции тринитротолуола по метильной группе. Их использование в синтезе гетероциклических соединений.
- 48) Реакции тринитротолуола по нитрогруппе.
- 49) Реакции тринитробензола и тринитротолуола по атомам углерода кольца.
- 50) Синтез гетероциклических соединений на основе тринитротолуола.
- 51) Термостойкие ВВ с несколькими тринитрофенильными группами.
- 52) Нитропроизводные нафталина. Их получение и использование. Тетранитронафталин.
- 53) Термостойкие ВВ класса азотистых гетероциклов.
- 54) Использование ароматических нитросоединений в химической промышленности.
- 55) Особенности получения ароматических нитросоединений в среде концентрированной и разбавленной азотной кислоты. Достоинства и недостатки этих методов.
- 56) Отечественная технология получения нитробензола.
- 57) Конструкция нитратора с совмещенным сепаратором. Подробное описание конструкции и принципа действия.
- 58) Адиабатические процессы получения нитробензола. Стадия регенерации серной кислоты при обычной технологии и в этих процессах – подробное описание и обоснование.
- 59) Отечественная технология получения динитротолуола. Конструкция нитратора с центробежным сепаратором. Подробное описание конструкции и принципа действия.
- 60) Получение динитротолуола в среде азотной кислоты. Стадия регенерации азотной кислоты при обычной технологии и в этих процессах – подробное описание и обоснование.
- 61) Технология динитронафталина. Ее особенности.
- 62) Отечественная технология получения динитротолуола. Конструкция нитратора. Система аварийного сброса, ее устройство, требования к ней.
- 63) Малочувствительные ВВ – диаминодинитроэтилен.
- 64) Природоохранные мероприятия при получении нитросоединений. Природа выбросов.
- 65) Приведите не менее 6 примеров реакций взаимодействия с нуклеофильными агентами, характерных для 2,4-динитрохлорбензола
- 66) Механизм нитрования серно-азотными кислотными смесями.
- 67) Предложите схему синтеза 2,2,4,4,6,6 – гексанитродифениламина из фенола.
- 68) Реакция Манниха: механизм, использование при синтезе новых ВВ.
- 69) Механизм нитрования разбавленной и концентрированной азотной кислотой. Реакция Коновалова.
- 70) Предложите схему синтеза 2,2,4,4,6,6 – гексанитродифенилсульфида из бензола.

- 71) Нитрующие реагенты, используемые при введении нитрогруппы в ароматические углеводороды; примеры реакций, условия.
- 72) Косвенные методы получения нитросоединений.
- 73) Нитрование в присутствии катализаторов. Поясните механизм реакций, приведите примеры.
- 74) Механизм электрофильного замещения в ароматических соединениях, электрофильные агенты.
- 75) Кинетические и физические доказательства участия катиона нитрония в реакциях нитрования.
- 76) Что такое порядок реакции. Напишите уравнение для скорости реакции для гомогенного нитрования толуола в концентрированной серно-азотной кислотной смеси.
- 77) Рассмотрите на одном-двух примерах механизм электрофильного замещения в ароматических соединениях.
- 78) Уксусно-азотные кислотные смеси, нитрующие агенты в этих системах
- 79) Приведите формулы АДНА, CL-20. ВВ, содержащих тринитроэтильную группу.

Задачи

- 1) Что такое конверсия? Какой максимальный выход нитробензола может быть достигнут при нитровании бензола, если скорость введения 2-ой нитрогруппы примерно в 10000 раз меньше, чем первой? Какой будет конверсия в этом случае? Обоснуйте ответ
- 2) Что такое конверсия? Какой максимальный выход изопропилбензола может быть достигнут при взаимодействии пропилена с бензолом в присутствии катализатора. Скорость введения второй группы примерно в 5 раз выше, чем первой. Какой будет конверсия в этом случае? Обоснуйте ответ
- 3) Чему равны выход, селективность по каждому продукту и степень конверсии процесса получения динитробензола из нитробензола, если реакционная масса после завершения процесса содержит 240 г 1,3-динитробензола, 27 г 1,2-динитробензола, 3 г 1,4-ДНБ и 22 г нитробензола?
- 4) Чему равны выход, селективность по каждому продукту и степень конверсии процесса получения моонитротолуола из толуола, если реакционная масса после завершения процесса содержит 822 г 2-нитротолуола, 55 г 3-нитротолуола, 466 г 4-нитротолуола, 20 г динитрокрезола и 9 г толуола?
- 5) При реакции бензола с пропиленом степень конверсии бензола 30%. Определить селективность по каждому из продуктов, если реакционная масса содержит 238 г изопропилбензола, 72 г - диизопропилбензола и 20 г триизопропилбензола. Определить выход изопропилбензола. При хлорировании толуола образовалась смесь продуктов, содержащих 64 г п-изомера, 35 г о-изомера, 1 г м-изомера, 6 г дихлорбензола и 14 г бензола. Определить степень конверсии, селективность по каждому реагенту и выход по п-хлортолуолу
- 6) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании толуола до нитротолуола, если известно, что в ней содержится 0,5 % оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 1% HNO_3 и 70% H_2SO_4 .
- 7) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании бензола до нитробензола, если известно, что в ней содержится 1% оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 1% HNO_3 и 69% H_2SO_4 .
- 8) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании нитробензола до динитробензола, если известно, что в ней содержится 1,5 % оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 2% HNO_3 , 1,5% растворенных нитропродуктов и 82 % H_2SO_4 .
- 9) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании нитротолуола до динитротолуола, если известно, что в ней содержится

- 1% оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 1,5% HNO_3 , 2% растворенных нитропродуктов и 79% H_2SO_4 /
- 10) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании динитротолуола до тротила, если известно, что в ней содержится 4,5% оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 4% HNO_3 , 3% растворенного нитропродукта и 88% H_2SO_4 .
 - 11) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании бензола до нитробензола, если известно, что в ней содержится 3% оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 3% HNO_3 и 89 % H_2SO_4 .
 - 12) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 71% и содержанием азотной кислоты 13% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты) /
 - 13) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 72% и содержанием азотной кислоты 15% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты). Определить количество толуола, которое можно пронитровать этой кислотной смесью, если вся азотная кислота расходуется в процессе.
 - 14) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 72% и содержанием азотной кислоты 15% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты). Определить количество бензола, которое можно пронитровать этой кислотной смесью, если вся азотная кислота расходуется в процессе.
 - 15) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 82% и содержанием азотной кислоты 16% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты). Определить количество нитротолуола, которое можно пронитровать этой кислотной смесью, если вся азотная кислота расходуется в процессе.
 - 16) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 82% и содержанием азотной кислоты 15% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты). Определить количество нитробензола, которое можно пронитровать этой кислотной смесью, если вся азотная кислота расходуется в процессе. Определить концентрацию H_2SO_4 , использованной для приготовления смеси.
 - 17) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 92% и содержанием азотной кислоты 20% (HNO_3 взята в виде 98% кислоты). Определить количество динитротолуола, которое можно пронитровать этой кислотой, если расходуется 90% от взятой азотной кислоты.
 - 18) На 1 стадию получения тротила поступает 3000 кг 2-ой отработанной кислоты состава (фактор 80%, содержание оксидов азота - 4,5%, HNO_3 - 1%), 55% азотная кислота в количестве, необходимом для нитрования (100% от теории) и 500 кг толуола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности
 - 19) На 1 стадию получения тротила поступает 3000 кг 2-ой отработанной кислоты состава (фактор 80%, содержание оксидов азота - 4,5%, HNO_3 - 1%), 55% азотная кислота в количестве, необходимом для нитрования (100% от теории), и 600 кг толуола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности
 - 20) На 2 стадию получения тротила поступает 3000 кг 3-ой отработанной кислоты состава (фактор 90%, содержание оксидов азота - 4,5%, HNO_3 - 2,5 %, содержание ДНТ -3%), 55% азотная кислота в количестве, необходимом для нитрования (100% от теории) и 500 кг нитротолуола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности /

- 21) На стадию получения динитротолуола поступает 3000 кг кислотной смеси состава (фактор 89%, содержание HNO_3 - 24%), и 1000 кг нитротолуола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности. Реакциями окисления пренебречь.
- 22) На стадию получения динитробензола поступает 3000 кг кислотной смеси состава (фактор 89%, содержание HNO_3 - 24%), и 1000 кг нитробензола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности. Принять, что в реакциях окисления расходуется 5% HNO_3 с образованием оксидов N_2O_3 .
- 23) На стадию получения нитроксилола поступает 3000 кг кислотной смеси состава (фактор 80%, HNO_3 - 1%), 55% азотная кислота в количестве, необходимом для нитрования (100% от теории) и 500 кг ксилола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности.
- 24) Рассчитать необходимое количество серной и азотной кислот для получения одного килограмма ДНТ, если известно, что имеются 93% H_2SO_4 , 55% и 98% HNO_3 , содержание азотной кислоты в исходной смеси 25%, выход количественный, окислительных процессов нет, а фактор нитрующей активности равен 82%.
- 25) . Приготовить 1 кг кислотной смеси состава: 83% H_2SO_4 , 17,5% HNO_3 из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 20% олеума. Определить фактор нитрующей активности.
- 26) . Приготовить 1 кг кислотной смеси состава: 83% H_2SO_4 , 18,5% HNO_3 из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 20% олеума. Определить фактор нитрующей активности. Какое количество динитротолуола можно пронитровать этой смесью, если на окисление расходуется 50% взятой HNO_3 с образованием оксидов N_2O_3 ?
- 27) Приготовить 1 кг кислотной смеси состава: 83% H_2SO_4 , 21% HNO_3 из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 40% олеума. Определить фактор нитрующей активности. Какое количество динитробензола можно пронитровать этой смесью, если на окисление расходуется 75% взятой HNO_3 с образованием оксидов N_2O_3 ?
- 28) Приготовить 1 кг кислотной смеси состава: 83% H_2SO_4 , 18,5% HNO_3 из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 20% олеума. Определить фактор нитрующей активности. Какое количество линитрохлорбензола можно пронитровать этой смесью, если на окисление расходуется 50% взятой HNO_3 с образованием оксидов N_2O_3 ?
- 29) Рассчитать какое количество толуола может быть пронитровано 1 кг кислотной смеси, содержащей 60% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться 0,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
- 30) Рассчитать какое количество толуола может быть пронитровано 1 кг кислотной смеси, содержащей 60% H_2SO_4 , 23% HNO_3 . Концентрация HNO_3 в отработанной кислоте 0,5% Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса/
- 31) Рассчитать какое количество бензола может быть пронитровано 1 кг кислотной смеси, содержащей 60% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться 0,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 55 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
- 32) Рассчитать какое количество ксилола может быть пронитровано 1 кг кислотной смеси, содержащей 57% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться 0,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
- 33) Рассчитать какое количество нитротолуола может быть пронитровано 1,2 кг кислотной смеси, содержащей 69% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте

должно остаться 1,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.

- 34) Рассчитать какое количество нитробензола может быть пронитровано 0,8 кг кислотной смеси, содержащей 70% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться 0,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
- 35) При нитровании 1 кг глицерина используют кислотную смесь состава 50% H_2SO_4 , 50% HNO_3 , приготовленную из 98% HNO_3 , 93 и 104% H_2SO_4 . Какое количество смеси нужно приготовить, если на нитрование ушло 85% исходной азотной кислоты? Какой состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности?
- 36) При нитровании 0,8 кг этиленгликоля используют кислотную смесь состава 48% H_2SO_4 , 52% HNO_3 , приготовленную из 98% HNO_3 , 92 и 104% H_2SO_4 . Какое количество смеси нужно приготовить, если на нитрование ушло 87% исходной азотной кислоты? Какой состав отработанной кислоты?
- 37) При нитровании 1 кг триэтиленгликоля используют кислотную смесь состава 49% H_2SO_4 , 51% HNO_3 , приготовленную из 98% HNO_3 , 93 и 20% олеума. Какое количество смеси нужно приготовить, если на нитрование ушло 83,5% исходной азотной кислоты? Какой состав отработанной кислоты?
- 38) При нитровании диэтиленгликоля используют 1 кг кислотной смеси состава 55% H_2SO_4 , 45% HNO_3 , приготовленной из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 24% олеума. Какое количество диэтиленгликоля пронитровано, если концентрация азотной кислоты в отработанной кислоте составляет 12%, какое количество кислот взято на приготовление смеси?
- 39) При нитровании этиленгликоля используют 1 кг кислотной смеси состава 55% H_2SO_4 , 45% HNO_3 , приготовленной из 98% HNO_3 , 92% H_2SO_4 и 24% олеума. Какое количество этиленгликоля пронитровано, если концентрация азотной кислоты в отработанной кислоте составляет 12%, какое количество кислот взято на приготовление смеси?
- 40) При нитровании глицерина используют 0,8 кг кислотной смеси состава 55% H_2SO_4 , 45% HNO_3 , приготовленной из 98% HNO_3 , 92% и 104% H_2SO_4 . Какое количество глицерина пронитровано, если концентрация азотной кислоты в отработанной кислоте составляет 13%, какое количество кислот взято на приготовление смеси? Определить фактор нитрующей активности.
- 41) Рассчитать количество 98% HNO_3 , необходимой для получения 1 кг тэна, если в отработанной кислоте содержится 85% HNO_3 , выход количественный, окислительные реакции отсутствуют.
- 42) Рассчитать количество 92% серной и 100% азотной кислоты, необходимое для получения 1 кг динитротолуола из мононитротолуола, если известно, что фактор нитрующей активности равен 82%, содержание азотной кислоты в отработанной кислоте 2%, окислительные процессы отсутствуют.
- 43) Рассчитать необходимое количество серной и азотной кислот для получения одного килограмма ДНТ, если известно, что имеются 93% H_2SO_4 , 50% и 98% HNO_3 , содержание азотной кислоты в исходной смеси 23%, выход количественный, окислительных процессов нет, а фактор нитрующей активности равен 83%.
- 44) Рассчитать количество 92% серной и 98% азотной кислоты, необходимое для получения 1 кг динитробензола из нитробензола, если известно, что фактор нитрующей активности равен 82%, содержание азотной кислоты в отработанной кислоте 3%, окислительные процессы отсутствуют.
- 45) Чему равны выход, селективность по каждому продукту и степень конверсии процесса получения мононитротолуола из толуола, если реакционная масса после

завершения процесса содержит 822 г 2-нитротолуола, 55 г 3-нитротолуола, 466 г 4-нитротолуола, 20 г динитрокрезола и 9 г толуола?

- 46) При реакции бензола с пропиленом степень конверсии бензола 30%. Определить селективность по каждому из продуктов, если реакционная масса содержит 238 г изопропилбензола, 72 г - диизопропилбензола и 20 г триизопропилбензола. Определить выход изопропилбензола.
- 47) При хлорировании бензола образовалась смесь продуктов, содержащих 64 г п-изомера, 35 г о-изомера, 1 г м-изомера, 6 г смеси дихлорбензолов и 14 г бензола. Определить степень конверсии, селективность по каждому реагенту и выход по п-хлорбензолу.
- 48) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании толуола до нитротолуола, если известно, что в ней содержится 0,5 % оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 1% HNO_3 и 70% H_2SO_4 .
- 49) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании бензола до нитробензола, если известно, что в ней содержится 1% оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 1% HNO_3 и 69% H_2SO_4 .
- 50) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании нитробензола до динитробензола, если известно, что в ней содержится 1,5 % оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 2% HNO_3 , 1,5% растворенных нитропродуктов и 82 % H_2SO_4 .
- 51) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании нитротолуола до динитротолуола, если известно, что в ней содержится 1% оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 1,5% HNO_3 , 2% растворенных нитропродуктов и 79% H_2SO_4 .
- 52) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании динитротолуола до тротила, если известно, что в ней содержится 4,5% оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 4% HNO_3 , 3% растворенного нитропродукта и 88% H_2SO_4 .
- 53) Рассчитать фактор нитрующей активности для отработанной кислоты при нитровании бензола до нитробензола, если известно, что в ней содержится 3% оксидов азота (в пересчете на N_2O_3), 3% HNO_3 и 89 % H_2SO_4 .
- 54) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 71% и содержанием азотной кислоты 13% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты).
- 55) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 72% и содержанием азотной кислоты 15% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты). Определить количество толуола, которое можно пронитровать этой кислотой, если вся азотная кислота расходуется в процессе.
- 56) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 72% и содержанием азотной кислоты 15% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты). Определить количество бензола, которое можно пронитровать этой кислотой, если вся азотная кислота расходуется в процессе.
- 57) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 82% и содержанием азотной кислоты 16% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты). Определить количество нитротолуола, которое можно пронитровать этой кислотой, если вся азотная кислота расходуется в процессе.
- 58) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 82% и содержанием азотной кислоты 15% (HNO_3 взята в виде 70% кислоты). Определить

количество нитробензола, которое можно пронитровать этой кислотой, если вся азотная кислота расходуется в процессе.

- 59) Рассчитать количество и концентрацию серной кислоты, необходимой для приготовления 1 кг кислотной смеси с фактором нитрующей активности 92% и содержанием азотной кислоты 20% (HNO_3 взята в виде 98% кислоты). Определить количество динитротолуола, которое можно пронитровать этой кислотой, если расходуется 90% от взятой азотной кислоты.
- 60) На 1 стадию получения тротила поступает 3000 кг 2-ой отработанной кислоты состава (фактор 80%, содержание оксидов азота - 4,5%, HNO_3 - 1%), 55% азотная кислота в количестве, необходимом для нитрования (100% от теории) и 500 кг толуола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности.
- 61) На 1 стадию получения тротила поступает 3000 кг 2-ой отработанной кислоты состава (фактор 80%, содержание оксидов азота - 4,5%, HNO_3 - 1%), 55% азотная кислота в количестве, необходимом для нитрования (100% от теории), и 600 кг толуола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности.
- 62) На 2 стадию получения тротила поступает 3000 кг 3-ой отработанной кислоты состава (фактор 90%, содержание оксидов азота - 4,5%, HNO_3 - 2,5 %, содержание ДНТ -3%), 55% азотная кислота в количестве, необходимом для нитрования (100% от теории) и 500 кг нитротолуола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности.
- 63) На 2 стадию получения динитробензола поступает 3000 кг кислотной смеси состава (фактор 89%, содержание HNO_3 - 24%), и 1000 кг нитротолуола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности. Реакциями окисления пренебречь.
- 64) На 2 стадию получения динитробензола поступает 3000 кг кислотной смеси состава (фактор 89%, содержание HNO_3 - 24%), и 1000 кг нитробензола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности. Принять, что в реакциях окисления расходуется 5% HNO_3 с образованием оксидов N_2O_3 .
- 65) На стадию получения нитроксилола поступает 3000 кг кислотной смеси состава (фактор 80%, HNO_3 - 1%), 55% азотная кислота в количестве, необходимом для нитрования (100% от теории) и 500 кг ксилола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности.
- 66) Рассчитать необходимое количество серной и азотной кислот для получения одного килограмма ДНТ, если известно, что имеются 93% H_2SO_4 , 55% и 98% HNO_3 , содержание азотной кислоты в исходной смеси 25%, выход количественный, окислительных процессов нет, а фактор нитрующей активности равен 82%.
- 67) . Приготовить 1 кг кислотной смеси состава: 83% H_2SO_4 , 17,5% HNO_3 из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 20% олеума. Определить фактор нитрующей активности. 6, 4
- 68) . Приготовить 1 кг кислотной смеси состава: 83% H_2SO_4 , 18,5% HNO_3 из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 20% олеума. Определить фактор нитрующей активности. Какое количество динитротолуола можно пронитровать этой смесью, если на окисление расходуется 50% взятой HNO_3 с образованием оксидов N_2O_3 ?
- 69) Приготовить 1 кг кислотной смеси состава: 83% H_2SO_4 , 21% HNO_3 из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 40% олеума. Определить фактор нитрующей активности. Какое количество динитробензола можно пронитровать этой смесью, если на окисление расходуется 75% взятой HNO_3 с образованием оксидов N_2O_3 ?
- 70) Приготовить 1 кг кислотной смеси состава: 83% H_2SO_4 , 18,5% HNO_3 из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 20% олеума. Определить фактор нитрующей активности. Какое количество линитрохлорбензола можно пронитровать этой смесью, если на окисление расходуется 50% взятой HNO_3 с образованием оксидов N_2O_3 ?
- 71) Рассчитать какое количество толуола может быть пронитровано 1 кг кислотной смеси, содержащей 60% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться

- 0,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
- 72) Рассчитать какое количество толуола может быть пронитровано 1 кг кислотной смеси, содержащей 60% H_2SO_4 , 23% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться 0,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
 - 73) Рассчитать какое количество бензола может быть пронитровано 1 кг кислотной смеси, содержащей 60% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться 0,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 55 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
 - 74) Рассчитать какое количество ксилола может быть пронитровано 1 кг кислотной смеси, содержащей 57% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться 0,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
 - 75) Рассчитать какое количество нитротолуола может быть пронитровано 1,2 кг кислотной смеси, содержащей 69% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться 1,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
 - 76) Рассчитать какое количество нитробензола может быть пронитровано 0,8 кг кислотной смеси, содержащей 70% H_2SO_4 , 25% HNO_3 . В отработанной кислоте должно остаться 0,5% HNO_3 . Рассчитать количество взятых на приготовление кислотной смеси 50 и 98% HNO_3 и 94% H_2SO_4 . Рассчитать фактор нитрующей активности в начале и в конце процесса.
 - 77) При нитровании 1 кг глицерина используют кислотную смесь состава 50% H_2SO_4 , 50% HNO_3 , приготовленную из 98% HNO_3 , 93 и 104% H_2SO_4 . Какое количество смеси нужно приготовить, если на нитрование ушло 85% исходной азотной кислоты? Какой состав отработанной кислоты?
 - 78) При нитровании 0,8 кг этиленгликоля используют кислотную смесь состава 48% H_2SO_4 , 52% HNO_3 , приготовленную из 98% HNO_3 , 92 и 104% H_2SO_4 . Какое количество смеси нужно приготовить, если на нитрование ушло 87% исходной азотной кислоты? Какой состав отработанной кислоты?
 - 79) При нитровании 1 кг триэтиленгликоля используют кислотную смесь состава 49% H_2SO_4 , 51% HNO_3 , приготовленную из 98% HNO_3 , 93 и 20% олеума. Какое количество смеси нужно приготовить, если на нитрование ушло 83,5% исходной азотной кислоты? Какой состав отработанной кислоты?
 - 80) При нитровании диэтиленгликоля используют 1 кг кислотной смеси состава 55% H_2SO_4 , 45% HNO_3 , приготовленной из 98% HNO_3 , 93% H_2SO_4 и 24% олеума. Какое количество диэтиленгликоля пронитровано, если концентрация азотной кислоты в отработанной кислоте составляет 12%, какое количество кислот взято на приготовление смеси?
 - 81) При нитровании этиленгликоля используют 1 кг кислотной смеси состава 55% H_2SO_4 , 45% HNO_3 , приготовленной из 98% HNO_3 , 92% H_2SO_4 и 24% олеума. Какое количество этиленгликоля пронитровано, если концентрация азотной кислоты в отработанной кислоте составляет 12%, какое количество кислот взято на приготовление смеси?
 - 82) При нитровании глицерина используют 0,8 кг кислотной смеси состава 55% H_2SO_4 , 45% HNO_3 , приготовленной из 98% HNO_3 , 92% и 104% H_2SO_4 . Какое количество

глицерина пронитровано, если концентрация азотной кислоты в отработанной кислоте составляет 13%, какое количество кислот взято на приготовление смеси? Определить фактор нитрующей активности.

- 83) Рассчитать количество 98% HNO_3 , необходимой для получения 1 кг тэна, если в отработанной кислоте содержится 85% HNO_3 , выход количественный, окислительные реакции отсутствуют.
- 84) Рассчитать количество 92% серной и 100% азотной кислоты, необходимое для получения 1 кг динитротолуола из мононитротолуола, если известно, что фактор нитрующей активности равен 82%, содержание азотной кислоты в отработанной кислоте 2%, окислительные процессы отсутствуют.
- 85) Рассчитать необходимое количество серной и азотной кислот для получения одного килограмма ДНТ, если известно, что имеются 93% H_2SO_4 , 50% и 98% HNO_3 , , содержание азотной кислоты в исходной смеси 23%, выход количественный, окислительных процессов нет, а фактор нитрующей активности равен 83%.
- 86) Рассчитать количество 92% серной и 98% азотной кислоты, необходимое для получения 1 кг динитробензола из нитробензола, если известно, что фактор нитрующей активности равен 82%, содержание азотной кислоты в отработанной кислоте 3%, окислительные процессы отсутствуют.

8.1.3. Примеры контрольных работ

Контрольная работа № 1 - Нитрующие системы. Кинетика и механизм нитрования.

Вариант №1

1. Катион-радикалы. Их роль в ароматическом нитровании.
2. Роль процессов диффузии при нитровании. Диффузионная и кинетическая модель.
3. Укусно-азотные кислотные смеси, нитрующие агенты в этих системах.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	3	4	3	20

Контрольная работа № 2 – Аппаратурное оформление процессов нитрования в технологии ЭНС.

Вариант №1

1. Конструкция нитратора со статическим сепаратором, достоинства и недостатки, область использования.
2. Система аварийного сброса. Назначение, устройство, принцип действия. Система аварийного сброса в совмещенных аппаратах со статическим сепаратором.
3. Каким образом в нитраторах решается задача интенсификации процесса.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	6	8	6	20

Контрольная работа № 3 – Промышленные методы (технология) получения основных бризантных ЭНС.

Вариант №1

1. Принципиальная схема цеха по получению нитросоединений.
2. Отечественная технология получения нитробензола.
3. Основные параметры, определяющие технологичность процесса.

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	6	8	6	20

Контрольная работа № 4 – решение задач по тематике дисциплины

Вариант №1

1. Что такое конверсия? Какой максимальный выход нитробензола может быть достигнут при нитровании бензола, если скорость введения 2-ой нитрогруппы примерно в 10000 раз меньше, чем первой? Какой будет конверсия в этом случае? Обоснуйте ответ
2. На стадию получения динитробензола поступает 3000 кг кислотной смеси состава (фактор 89%, содержание HNO_3 - 24%), и 1000 кг нитробензола. Определить состав отработанной кислоты и фактор нитрующей активности. Принять, что в реакциях окисления расходуется 5% HNO_3 с образованием оксидов N_2O_3 .

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	Σ
Баллы	5	5	10

8.1.4. Перечень вопросов для защиты лабораторных работ (контрольный опрос)

КО № 1 - лабораторный синтез, химия и технология ЭНС класса ароматических нитросоединений.

1. Физические свойства моно-, ди- и тринитротолуолов.
2. Физические и взрывчатые свойства тротила.
3. Химические свойства тротила.
4. Из скольких стадий состоит синтез ТНТ в лаборатории? Чем это объясняется?
5. Какие нитрующие смеси используют на 1, 2 и 3 стадии получения ТНТ? Почему?
6. Укажите температурный режим 1-ой стадии получения ТНТ.
7. Продолжительность и температура дозировки и выдержки на 1 стадии получения ТНТ.
8. Какая стадия синтеза определяет изомерный состав ТНТ? Почему?
9. Могут ли при нитровании п-МНТ образовываться “несимметричные” изомеры?
10. Какую роль играет реакция ипсо-нитрования при получении тротила?
11. Какие побочные продукты образуются на первой стадии синтеза тринитротолуола?
12. Что такое комплекс Баттеге (Батхе)? На какой стадии получения ТНТ он может образовываться? Почему его образование нежелательно? Как можно его устранить?
13. Температурный режим 2-ой стадии получения ТНТ.
14. Продолжительность и температура дозировки и выдержки на 2 стадии получения ТНТ.
15. Максимум Мартинсена. Его влияние на стадии получения ТНТ из ДНТ.
16. Температурный режим 3-ей стадии получения ТНТ.
17. Как и при какой температуре проводят смешение ДНТ с нитрующей смесью?
18. Необходимое условие для начала подогрева реакционной массы при синтезе ТНТ в лаборатории.
19. Продолжительность и температура дозировки кислоты на 3 стадии получения ТНТ?
20. Температура в реакторе во время выдержки при получении ТНТ из ДНТ?
21. Какие нитрующие смеси используют на 3-ей стадии получения ТНТ?
22. Какой избыток азотной кислоты берут при получении ТНТ из ДНТ?
23. Какие побочные продукты образуются на 3-ей стадии нитрования при получении тротила?
24. Что такое «белое вещество», на какой стадии получения ТНТ оно образуется?
25. Почему образование «белого вещества» нежелательно?
26. Как можно сократить образование «белого вещества»?
27. Какие наиболее опасные моменты Вы видите в синтезе ТНТ?
28. Какие параметры определяют безопасность проведения 3-ей стадии процесса получения ТНТ?

29. Что произойдет, если в момент слива компонентов на 3-ей стадии получения ТНТ выскочит кран из капельной воронки? Ваши действия.
30. Что произойдет, если в момент слива кислотной смеси на 3-ей стадии получения ТНТ заклинит кран капельной воронки? Ваши действия?
31. Во время смешения компонентов на 3-ей стадии процесса получения ТНТ начался быстрый рост температуры. Ваши действия.
32. Во время нагрева до 110° С на 3-ей стадии получения ТНТ температура начала быстро расти. Ваши действия.
33. Во время выдержки на 3-ей стадии получения ТНТ начался быстрый рост температуры. Почему это может происходить? Ваши действия.
34. Во время слива компонентов на 3-ей стадии получения ТНТ остановилась мешалка. Последовательность Ваших действий.
35. Какие способы выделения ТНТ-сырца из реакционной массы при синтезе в лаборатории вы знаете?
36. До какой температуры необходимо охладить реакционную массу после завершения реакции при синтезе ТНТ в лаборатории?
37. Какое количество воды необходимо добавить к реакционной массе при выделении из нее продукта?
38. В какое количество воды нужно вылить реакционную массу при выделении из нее ТНТ?
39. Температуры затвердевания чистого ТНТ и ТНТ-сырца. Чем обусловлена разница температур?
40. Какие примеси присутствуют в ТНТ-сырце?
41. Какие способы очистки тротила вы знаете?
42. В каких растворителях проводят перекристаллизацию ТНТ?
43. Какие примеси в ТНТ удаляются при сульфитной очистке?
44. Какие реакции протекают на стадии сульфитной очистки тротила?
45. Какие побочные продукты могут образоваться на стадии сульфитной очистки тротила? Как влияет на их количество рН среды?
46. При какой температуре проводят очистку ТНТ сульфитом натрия? Почему?
47. При какой температуре проводят промывку ТНТ после очистки? Раздел при промывке?
48. Какие примеси в ТНТ удаляются при перекисной очистке?
49. Какие реакции протекают на стадии перекисной очистки тротила?
50. В какой среде проводят перекисную очистку тротила? Какие реагенты используют при перекисной очистке тротила?
51. Как осуществляют сушку ТНТ в промышленности?
52. Как осуществляют сушку ТНТ в лаборатории?
53. Какие нитропроизводные толуола используются для получения пенополиуретанов? Объем их производства.
54. Приведите схему получения толуилендиизоцианатов. Какие исходные продукты используют для их получения?
55. Приведите формулу и название «белого вещества», напишите реакцию и условия его синтеза. Приведите реакцию синтеза «белого вещества». Какие условия способствуют его образованию?
56. Приведите формулы гексанитродибензила и гексанитростильбена, напишите реакции их синтеза. Где и как используются эти соединения?
57. Приведите реакцию синтеза 5-метил-2,2',4,4',6-пентанитродифенилметана, укажите условия синтеза.
58. Механизм образования 5-метил-пентанитродифенилметана из 2,4,6-тринитротолуола.

59. Приведите реакции 2,4,6-тринитротолуола по метильной группе. Где используют полученные соединения?
 60. Роль реакции 2,4,6-тринитротолуола по метильной группе при получении ГНС и ТНБ.
 61. Приведите реакции 2,4,6-тринитротолуола по нитрогруппе. Где используют полученные соединения?
 62. Сравните реакционную способность симметричного ТНТ и его несимметричных изомеров в реакциях с нуклеофилами. Где используют эту особенность ТНТ?
 63. Приведите схему образования комплексов Мейзенгеймера для ди- и тринитроароматических соединений при взаимодействии с раствором КОН в среде ацетона. Где используют эту реакцию? Какие нитросоединения не образуют подобный комплекс?
 64. Физические и взрывчатые свойства ТНБ.
 65. Химические свойства ТНБ.
 66. Сравните химические свойства ТНБ и ТНТ.
 67. Какие методы получения ТНБ вы знаете?
 68. Сущность высокотемпературного способа получения ТНБ.
 69. Какие окислители используют для окисления ТНТ до тринитробензойной кислоты?
 70. Приведите схему получения 1,3,5-тринитробензола из 2,4,6-тринитротолуола.
 71. Приведите схему получения ТАТБ из тротила.
 72. Физические, химические и взрывчатые свойства ТАТБ.
 73. Какие конструкции сепараторов вы знаете?
 74. Нарисуйте конструкцию статического сепаратора.
 75. Нарисуйте конструкцию центробежного сепаратора.
 76. Нарисуйте конструкцию нитратора со статическим сепаратором.
 77. Нарисуйте конструкцию нитратора с совмещенным центробежным сепаратором.
 78. Нарисуйте конструкцию нитратора с повышенной поверхностью теплообмена.
 79. Нарисуйте конструкцию сушильной ванны.
 80. Нарисуйте конструкцию аппарата сушки в кипящем слое.
 81. Нарисуйте конструкцию аппарата сушки в плаве.
 82. Нарисуйте конструкцию гранулятора.
 83. Для чего используют в производстве ТНТ соду?
 84. Для чего используют в производстве ТНТ разбавитель? Что в него поступает?
 85. Для чего устанавливают экстрактор в производстве нитробензола. Как и на какой стадии его можно использовать при получении ТНТ?
 86. Как осуществляют чешуирование ТНТ в промышленности?
 87. Что такое «фактор нитрующей активности»? Приведите формулу.
 88. Что такое олеум? Сколько свободного SO_3 в 104% олеуме?
 89. Для чего олеум используют в синтезе ТНТ?
 90. Что такое «меланж»? Приведите состав.
 91. Что такое купоросное масло?
 92. Что такое «тротиловое масло»?
- КО № 2 - Лабораторный синтез, химия и технология ЭНС класса нитраминов.*
1. Какие растворители используются для перекристаллизации гексогена?
 2. Напишите формулы МЕДИНА, ЭДНА и нитрогуанидина.
 3. Применение циклических N-нитраминов.
 4. Какие нитрующие смеси используются в уксусно-ангидридном методе получения гексогена?
 5. Укажите температуру первой стадии при получении гексогена нитролизным способом. Чем она обусловлена?
 6. Роль нитрита натрия на второй стадии окислительного метода получения.
 7. Напишите уравнение реакции, протекающей при смешении уротропина с разбавленной азотной кислотой.

8. Свойства N-нитраминов. Катализаторы, используемые при их получении.
9. Какие методы защиты аминогруппы при нитровании вы знаете?
10. Напишите химическое название гексогена. Приведите его физические и взрывчатые свойства.
11. Что такое аци-форма N-нитраминов?
12. Какая стадия является наиболее опасной при получении гексогена нитролизным способом?
13. Укажите температуру второй стадии при получении гексогена нитролизным способом.
14. Свойства гексаметилентетрамина.
15. Роль уксусного ангидрида в методе Бахмана.
16. Какие нитрующие смеси используют при получении циклических нитраминов?
17. Какие полифункциональные соединения образуются при окислительном методе получения?
18. Какие полифункциональные соединения образуются при уксусно-ангидридном методе получения?
19. Что такое параформ? В каком из методов синтеза гексогена он используется?
20. Приведите структурную формулу азотной кислоты. Где используются растворы нитрата аммония в азотной кислоте?
21. Какая кислота используется на первой стадии нитролизного метода получения гексогена? Требования к ее качеству.
22. Укажите концентрацию отработанной азотной кислоты после второй стадии.
23. Перечислите основные примеси, образующиеся при получении гексогена окислительным способом.
24. Какое соединение является нитрующим агентом в смесях уксусного ангидрида с азотной кислотой?
25. Влияние окислов азота на второй стадии окислительного метода получения.
26. Восстановление первичных нитраминов. Уравнение реакции.
27. Напишите структурные формулы моно- и динитрата уротропина и условия их образования.
28. Приведите тривиальное название 1,3,5,7-тетранитро-1,3,5,7-тетраазадициклооктана.
29. В чем заключается схема Райта?
30. Какова роль второй стадии при получении гексогена нитролизным способом?
31. Укажите концентрацию азотной кислоты, используемой на первой стадии нитролизного способа.
32. Азотный ангидрид как нитрующий агент. Строение и поведение в различных растворителях.
33. Перечислите основные примеси, образующиеся в уксусно-ангидридном методе получения гексогена.
34. Напишите реакцию, приводящую к образованию ацетилнитрата.
35. Что такое ДПТ? Приведите химическое название.
36. К какому классу ВВ (с точки зрения химического строения) относится метиленгликольдинитрат? В каких условиях образуется это соединение?
37. Что такое ресинтез гексогена?
38. Влияние раздела на выход гексогена в окислительном методе.
39. Перечислите основные факторы, влияющие на скорость нитрования уротропина.
40. Роль нитрата аммония в методе Бахмана
41. Напишите реакцию ацетоллиза уротропина.
42. Какая частица является нитрующим агентом в концентрированной азотной кислоте?
43. Приведите температуру аварийного слива на первой стадии окислительного метода.

44. Ваши действия при отсутствии окислов азота в начале второй стадии.
45. Ваши действия при появлении окислов азота в начале первой стадии.
46. На что необходимо обратить внимание при проведении второй стадии в случае гетерогенности реакционной массы?
47. Ваши действия при заклинивании крана капельной воронки на второй стадии.
48. Чем определяется время дозировки компонентов на второй стадии?
49. Порядок смешения компонентов на второй стадии получения гексогена нитролизным способом. Роль воды на второй стадии.
50. На что необходимо обратить внимание при дозировке уротропина на первой стадии?
51. Из каких соединений, кроме уротропина, получают гексоген?
52. Выделение гексогена из реакционной массы.
53. В чем заключается метод E получения гексогена?
54. В чем заключается метод W получения гексогена?
55. Для чего и как проводят пропарку гексогена?
56. Ваши действия при быстром подъеме температуры на стадии окислительной кристаллизации, чем он может быть вызван?
57. Какие примеси содержатся в гексогене-сырце, если его выделить, выливая реакционную массу в воду?
58. При какой температуре и почему проводят стадию окислительной кристаллизации?
59. Ваши действия при остановке мешалки на стадии окислительной кристаллизации
60. Физические свойства октогена. Укажите т. пл., плотность, растворимость.
61. Химические свойства гексогена и октогена, в том числе реакция с конц. H_2SO_4 .
62. Что происходит при смешении октогена и гексогена с конц. кислотами? Укажите продукты реакции.
63. Сравните стабильность гексогена и октогена при взаимодействии с кислотами различной концентрации.
64. Сравните термическую стойкость октогена и гексогена.
65. В каких кристаллических модификациях существует октоген? Укажите области их существования.
66. Предложите несколько способов разделения смеси октогена и гексогена.
67. Что такое рекристаллизация октогена и в каких условиях она осуществляется?
68. Перечислите известные вам способы получения октогена.
69. Перечислите основные стадии получения октогена уксусноангидридным способом (УАС).
70. Приведите основные технологические параметры 1-й стадии нитрования при промышленном получении октогена УАС.
71. Приведите основные технологические параметры 2-й стадии нитрования при промышленном получении октогена УАС.
72. Приведите основные технологические параметры стадии стабилизации октогена при промышленном получении октогена УАС.
73. Приведите основные химические реакции на стадии стабилизации октогена в УАС.
74. Сравните технологические параметры синтеза гексогена и октогена УАС.
75. В чем заключается безацетатный способ получения октогена? Назовите реагенты, применяемые для получения октогена безацетатным способом.
76. Назовите промежуточные соединения, образующиеся при синтезе октогена безацетатным способом?
77. Какой из существующих процессов синтеза октогена, по Вашему мнению, является самым безопасным и почему? Дайте подробное объяснение.
78. Укажите самые опасные стадии при получении октогена УАС.
79. В чем заключается способ получения октогена через ТАТ? Напишите формулы ДАДН, ТАТ, ДАПТ.

80. В каком способе синтеза октогена используются растворы азотного ангидрида в азотной кислоте?
81. Что необходимо сделать, чтобы уменьшить содержание гексогена в конечных продуктах при получении октогена УАС?
82. Перечислите реактивы, необходимые для синтеза октогена УАС в лабораторных условиях. В каком виде они используются?
83. Из каких стадий состоит синтез октогена в лабораторных условиях? Укажите температурные интервалы проведения каждой стадии при синтезе октогена в лабораторных условиях.
84. Охарактеризуйте 1 стадию синтеза октогена в лабораторных условиях. Укажите основные параметры.
85. Охарактеризуйте 2 стадию синтеза октогена в лабораторных условиях. Укажите основные параметры.
86. Охарактеризуйте стадию стабилизации октогена при синтезе в лабораторных условиях.
87. Чем обусловлена стадийность в синтезе октогена УАС?
88. Укажите самую опасную операцию при синтезе октогена в лабораторных условиях.
89. Как осуществляют сушку октогена в лаборатории и в промышленности?
90. Что такое ресинтез гексогена и октогена?
91. Роль уксусного ангидрида в методе Бахмана.
92. Роль нитрата аммония в методе Бахмана.
93. Особенности нитрования алифатических аминов в кислой среде.
94. Влияние раздела на выход гексогена в окислительном методе.
95. Перечислите основные факторы, влияющие на скорость нитрования уротропина.
- КО № 3 - Лабораторный синтез, химия и технология ЭНС класса нитроэфиров.*
1. Нитрующие агенты, применяемые при получении нитроэфиров.
 2. Роль реакции переэтерификации при нитровании пентаэритрита серно-азотными кислотными смесями.
 3. Какие примеси присутствуют в тэне?
 4. Где применяется тэн?
 5. Назовите основную примесь в пентаэритрите.
 6. Укажите температуру реакции при получении тэна.
 7. При какой температуре необходим аварийный слив реакционной массы?
 8. Как выделяют тэн из реакционной массы при лабораторном синтезе?
 9. Сравните термическую стойкость нитроэфиров, нитроуглеводородов и нитраминов (расположите в порядке возрастания).
 10. Механизм О-нитрования.
 11. Способ получения тэна через серноокислый эфир. Продукты, особенности реакции.
 12. В чем заключается подготовка пентаэритрита в промышленном методе получения?
 13. Из какого растворителя перекристаллизовывают тэн в лаборатории?
 14. Что определяет общую скорость процесса при синтезе тэна?
 15. Основные опасные операции при синтезе тэна.
 16. Какие требования предъявляются к азотной кислоте при получении нитроэфиров?
 17. Ваши действия в случае превышения температуры при нитровании пентаэритрита?
 18. Перечислите способы получения тэна в промышленности.
 19. Назовите температуру процесса при получении тэна в промышленности.
 20. Преимущества двухстадийного способа получения тэна.
 21. Недостатки двухстадийного способа получения тэна.
 22. Ваши действия в случае появления оксидов азота при синтезе тэна?
 23. Чем опасен нестабилизированный тэн?
 24. Чем опасна стадия разбавления нитромассы водой при получении тэна?
 25. К какому классу ВВ, с точки зрения химического строения, относится тэн?

26. Влияние содержания азотной кислоты в отработанной кислоте на выход нитроэфира.
 27. Влияние содержания воды в кислотной смеси на выход нитроэфира.
 28. Какие водоотнимающие средства используются при этерификации спиртов?
 29. Почему при получении нитроэфиров из спиртов нельзя использовать серно-азотные кислотные смеси с большим содержанием воды?
 30. Почему при нитровании спиртов серно-азотными кислотными смесями необходим избыток азотной кислоты?
 31. Напишите формулу диэтиленгликольдинитрата.
 32. Физиологическое действие нитроэфиров.
 33. Какие соединения образуются в качестве промежуточных продуктов при нитролизе уротропина?
 34. Напишите формулу ДИНА.
 35. Напишите химическое название гексогена.
 36. Напишите химическое название октогена.
 37. Напишите химическое название тэна.
 38. Какой продукт определяет стойкость реакционной массы при синтезе гексогена?
 39. Напишите химические названия трех штатных ВВ.
 40. Напишите реакцию синтеза тринитрата нитроизобутилглицерина.
 41. Роль карбоната аммония или карбоната натрия при перекристаллизации тэна.
 42. Как определить разницу в качестве перекристаллизованного тэна, полученного при охлаждении и при разбавлении?
 43. Назовите факторы, определяющие безопасность синтеза тэна в лаборатории.
- КО № 4 - Лабораторный синтез, химия и технология малочувствительных ЭНС.*
1. Физические свойства НТО. Температура плавления, плотность, растворимость.
 2. Взрывчатые свойства НТО, сравнить их с тротилом, гексогеном, триамино-тринитробензолом.
 3. Химические свойства НТО.
 4. Применение НТО.
 5. Первая стадия получения НТО. Условия: температура, Раздел, время.
 6. Вторая стадия получения НТО в среде концентрированной азотной кислоты. Условия: температура, Раздел, время. Преимущества и недостатки метода.
 7. Вторая стадия получения НТО в среде 70%-й азотной кислоты. Условия: температура, Раздел, время. Преимущества и недостатки метода.
 8. Какие нитрующие системы используются при получении НТО?
 9. Каким образом осуществляют очистку НТО от примесей, условия процесса?
 10. Какие продукты образуются при нитровании мочевины, гуанидина, семикарбида?
 11. Напишите формулу 1-нитротриазолона. В каких условиях он образуется, его свойства?
 12. Как влияет концентрация азотной кислоты на выход НТО?

8.1.5. Темы рефератов

1. Мононитротолуол. Свойства, получение, объем производства, применение.
2. Динитротолуол. Свойства, получение, объем производства, применение.
3. 2,4,6-Тринитротолуол. Химические и физические свойства, методы и технология получения, объем производства, применение.
4. Изомеры тринитротолуола. Химические и физические свойства, методы и получения, применение.
5. Тринитробензол. Химические и физические свойства, методы и технология получения, объем производства, применение.

6. Стифниновая кислота. Химические и физические свойства, методы и технология получения, применение, объем производства.
7. Пикриновая кислота. Химические и физические свойства, методы и технология получения, объем производства, применение.
8. Триаминаитринитробензол. Химические и физические свойства, методы получения, технологические схемы, объем производства, применение.
9. Гексанитростильбен. Химические и физические свойства, методы получения, технологические схемы, объем производства, применение.
10. Нитропроизводные нафталина. Химические и физические свойства, получение, применение.
11. Получение нитропроизводных орто-фенилендиаминов.
12. Получение нитропроизводных дифениламина.
13. Свойства, получение и применение пикрилфторида.
14. Применение пикрилгалогенидов в синтезе энергоемких соединений.
15. Получение флороглюцина из тринитроароматических соединений.
16. Получение метилфлороглюцина из тринитроароматических соединений.
17. Методы получения, свойства и применение 2,4,6-тринитрофлороглюцина.
18. Восстановление ДНТ и получение толуиленизоцианатов.
19. Восстановление 2,4,6-тринитробензола, свойства и применение ТАБ и промежуточных продуктов.
20. Восстановление 2,4,6-ТНТ, свойства и применение ТАТ.
21. Восстановление 2,4,6-тринитрофенола (пикриновой кислоты), свойства и применение продуктов восстановления.
22. Восстановление нитробензойных кислот и 2,4,6-тринитробензойной кислоты, свойства и применение продуктов восстановления.
23. Полиморфизм нитраминов - гексоген, октоген, ГНИВ. Свойства, методы получения.
24. Гексоген. Химические и физические свойства, получение, применение.
25. Октоген. Химические и физические свойства, получение, применение.
26. Циклические и каркасные нитрозоамины (нитрозогексоген, нитрозо-ДПТ, тетранитрозотетраазадекалин и пр.), получение, свойства, применение.
27. Стадия восстановительного дебензилирования в процессе получения CL-20.
28. Гексанитрогексаазаизовюрцитан (ГНИВ, HNIW, CL-20). Свойства, методы получения. Стадия нитрования – схемы синтеза, исходные соединения, химизм.
29. Промежуточные соединения для получения гексанитро-гексаазаизовюрцитана (ГНИВ, HNIW, CL-20). Тетраацетил-, тетраацетилдобензил-, тетраацетилдиформилизовюрцитан. Свойства, методы получения, схемы синтеза, исходные соединения, химизм.
30. ТЕХ и родственные соединения изовюрцитановой (с разным количеством атомов кислорода в каркасе) структуры. Свойства, методы получения, схемы синтеза, исходные соединения, химизм.
31. Динитродиаминоэтилен (ДАДНЭ, DADNE, FOX-7) – свойства, методы получения, применение – схемы синтеза, исходные соединения.
32. Нитротриазолон (НТО, NTO) - свойства, методы получения, применение – схемы синтеза, исходные соединения, химизм.
33. 4,6-Динитробензофуросан. Свойства, спектры, термическое разложение, методы получения – схемы синтеза, исходные соединения, химизм и пр.
34. 5,6-Динитробензофуросан. Свойства, спектры, термическое разложение, методы получения – схемы синтеза, исходные соединения, химизм и пр.
35. Методы получения ароматических полинитроазидов (в первую очередь нитрование арилазидов) и их циклизация в бензофуросаны.

36. Нитрование бензимидазола и его производных (с заместителями в бензольном ядре), моно- и динитропроизводные, их свойства и применение.
37. Нитропроизводные пикрилзамещенных (в гетероцикл) бензимидазолов. Получение, свойства и применение.
38. Получение и нитрование 2-замещенных (гидрокси-, метил-, хлор-, нитро-, amino- и нитрамино-) бензимидазолов.
39. Арилирование по атому азота бензимидазолов и бензотриазолов 2,4-динитро- и 2,4,6-тринитрогалогенидами. Условия реакции, катализаторы, состав продуктов.
40. Нитрование бензимидазол-2-она, полинитропроизводные, таутомерия ($C=O$, $C-OH$). Пути реакции, состав продуктов, физические и химические свойства, применение.
41. Получение, свойства и применение 1-пикрил-5,7-динитробензотриазола (ВТХ).
42. Получение и свойства изомеров 1-пикрил-5,7-динитробензотриазола (ВТХ).
43. Нитро- и аминопроизводные 1,2,3-бензотриазола – получение и свойства.
44. Нитропроизводные 1- и 2-алкил- и арил-замещенных бензотриазолов. Методы получения, свойства, применение.
45. Получение и свойства нитропроизводных бензотриазол-N-оксидов.
46. Нитропроизводные карбазола. Свойства, спектры, термическое разложение, методы получения – схемы синтеза, исходные соединения, химизм и пр.
47. Тетраазапенталены – получение и нитрование.
48. Получение, свойства и применение РУХ и других полинитропиримидинов.
49. Моно-, ди- и тринитраты гликолей. Химические и физические свойства, получение, применение.
50. Нитроглицерин. Химические и физические свойства, получение, применение.
51. Тетранитрат пентаэритрита. Химические и физические свойства, получение, применение.

8.2. Оценочные средства для итогового контроля освоения разделов дисциплины

8.2.1. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины

1. Теория нитрования. Максимум Мартинсена, современные представления о механизме нитрования серно-азотными кислотными смесями.
2. Кинетика нитрования ароматических углеводородов в гомогенных системах и гетерогенных системах.
3. π - и σ -комплексы при нитровании и нуклеофильном замещении в полинитросоединениях. Катион-радикалы.
4. Процессы получения ароматических нитросоединений без использования серной кислоты. Современный механизм нитрования ароматических соединений азотной кислотой.
5. Основные этапы создания технологии новых ВВ.
6. Принципиальная схема цеха по получению нитросоединений.
7. Стадия подготовки компонентов. Назначение и аппаратное оформление.
8. Стадия регенерации серно-азотных кислотных смесей.
9. Стадии регенерации азотной и уксусной кислот.
10. Аппаратное оформление стадии нитрования. Конструкции нитраторов.
11. Аппаратное оформление стадии нитрования. Аварийный слив, конструкция и назначение.
12. Конструкция нитратора с повышенной поверхностью теплообмена.
13. Аппараты для разделения твердой и жидкой фаз.
14. Конструкция статического и центробежного сепаратора.
15. Конструкция нитратора со статическим сепаратором.
16. Конструкция нитратора с центробежным сепаратором.

17. Конструкция нитратора с центробежным сепаратором газообразных продуктов
18. Аппаратурное оформление стадии промывки в производстве нитросоединений.
19. Аппаратурное оформление стадии сушки в производстве ароматических нитросоединений.
20. Аппаратурное оформление стадии сушки в производстве нитраминов.
21. Конструкции сушильной ванны, аппаратов сушки в плаве и в кипящем слое.
22. Аппаратурное оформление стадии получения готовых форм.
23. Гранулятор и барабан чешуирования . Их конструкции и назначение.
24. Химия нитрования бензола на 1, 2 и 3-й стадии.
25. Технология получения нитробензола традиционным и адиабатическим методами
26. Технология получения ДНТ в среде азотной кислоты.
27. Получение ДНТ в производстве толуилендиизоцианатов
28. Химические свойства тринитротолуола, его использование для синтеза гетероциклических соединений.
29. Технология тротила. Современная схема. Преимущества и недостатки.
30. Технология тринитротолуола, стадия нитрования; традиционная технология
31. Получение тротила, стадии нитрования и промывки. Меры экологической безопасности.
32. Отечественные и зарубежные технологии тринитротолуола.
33. Стадия очистки в производстве тротила, основные примеси, химия и технология.
34. Стадия сульфитной очистки тротила. Химия и технология процесса.
35. Перекисная очистка тринитротолуола. Химизм и технология процесса.
36. Химические и физические свойства тринитробензола.
37. Методы получения тринитробензола. Технология, основные примеси.
38. Технологическое оформление производства тринитробензола.
39. Нитропроизводные фенола. Методы получения. Состав продуктов. Химические свойства, области применения.
40. Нитропроизводные резорцина. Методы получения. Состав продуктов. Химические свойства, области применения
41. Метод получения тринитрорезорцина без использования серной кислоты.
42. Нитропроизводные мета-крезола и флороглюцина. Методы получения. Состав продуктов. Химические свойства, области применения
43. Нитропроизводные нафталина. Методы получения. Состав продуктов при нитровании нафталина.
44. Динитронафталины и тетранитронафталины. Получение, свойства, области применения
45. Нитрамины ароматического ряда. Химические и физические свойства тетрила. Требования к качеству, технология получения, основные примеси.
46. Восстановление нитросоединений. Агенты, продукты.
47. Каталитическое восстановление ароматических нитросоединений. Химия и технология.
48. Получение диамино- и триаминотолуолов. Технология ДАТ.
49. Изоцианаты. Области использования и объемы производства. Основные представители. Технология получения толуолизоцианатов.
50. Термостойкие взрывчатые вещества, их назначение, примеры, свойства и синтез. Требования к ним. Приведите методы синтеза ДАТБ, 2,2,4,4,6,6-гексанитро-3,3-диаминодифенила, 2,2,4,4,6,6-гексанитродифениламина, ТАСОТ, РУХ.

51. Термостойкие ВВ с несколькими тринитрофенильными группами. Методы получения и свойства.
52. Малочувствительные ВВ. Требования к ним. Основные направления создания.
53. Малочувствительные ВВ. Триаминотринитробензол. Методы получения, химические свойства, области использования. Технология.
54. Малочувствительные взрывчатые вещества. Гексанитростильбен. Методы получения, химические свойства, области использования. Технология.
55. Малочувствительные ВВ. НТО. Химия и кинетика получения, технология, применение.
56. Малочувствительные ВВ. Диаминодинитроэтилен (ДАДНЭ, FOX-7). Методы получения, химические свойства, области использования. Технология.
57. Химия нитраминов. Механизм образования гексогена и октогена из уротропина.
58. Химические, физические и взрывчатые свойства гексогена. Основные методы получения: химизм, достоинства и недостатки.
59. Технология гексогена. Нитролизный способ. Стадии нитрования и окислительной кристаллизации.
60. Технология гексогена. Нитролизный метод с использованием аммиачной селитры.
61. Химические и физические свойства гексогена, основные методы получения, технология по Ганькину, основные примеси. Требования к качеству.
62. Химия всех известных отечественных и зарубежных методов получения гексогена.
63. Стадия флегматизации в производстве гексогена
64. Химические и физические свойства октогена. Методы получения: химизм, основные достоинства и недостатки. Получение октогена через ДАПТ и ТАТ.
65. Технология октогена. Уксусноангидридный процесс. Безуксусноангидридный процесс.
66. Перекристаллизация и рекристаллизация. Стадия рекристаллизации в производстве октогена.
67. Стадия подготовки в производстве гексогена и октогена.
68. Гексанитрогексаазаизовюрцитан (ГНИВ, CL-20). Методы получения, свойства.
69. Химия и технология стадии восстановительного дебензилирования в процессе получения CL-20.
70. Гексанитрогексаазаизовюрцитан (ГНИВ, HNIW, CL-20). Свойства, методы получения. Стадия нитрования – схемы синтеза, исходные соединения.
71. Химические и физические свойства нитроэфиров. Технология нитроглицерина, вопросы техники безопасности.
72. Аппаратурное оформление современного процесса получения НГЦ.
73. Трубчатый реактор, инжектор. Их назначение, достоинства и недостатки.
74. Химические и физические свойства тэна. Технология в среде азотной кислоты, основные примеси.
75. Три варианта технологии тэна. Сравнительный анализ: технологический, экономический, экологический.
76. Стадия подготовки в производстве тэна.
77. При нитровании толуола в среде 71% H_2SO_4 в течение 1 часа выделилось 50000 кДж тепла. Определить объем реактора, если известно, что концентрация толуола в органическом слое – 0,75%, концентрация HNO_3 в минеральном – 1,5%, коэффициент распределения Кр толуола – 15. Температура нитрования 50°C (при решении задач использовать справочные данные из книги «Толуол и его нитропроизводные», из курса

лекций и любой другой литературы, Раздел принять равным 4:1, энергию активации для реакции -22 ккал/моль, тепловой эффект нитрования принять равным 28 ккал/моль, плотность минерального слоя $-1,62$ г/см³, плотность органического слоя $1,16$ г/см³).

78. В производстве тротила на 3-ей фазе используют 99% H_2SO_4 (CHNO_3 - 100%). Фактор нитрующей активности в одном килограмме отработанной кислоты 3-ей фазы 89%, содержание оксидов азота-5%, азотной кислоты 2%. Определить долю реакции деструктивного окисления в процессе (окисление боковой цепи не учитывать). Как можно увеличить производительность системы при том же расходе серного компонента, если использовать вместо 99% серной кислоты 102% олеум; остальные характеристики процесса (включая ФНА и долю окислительных процессов) остаются неизменными.

79. Рассчитать количество необходимых промывок при получении гексогена нитролизным методом, если известно, что Раздел по HNO_3 равен 10 (весовой), концентрация 99%, выход гексогена - 72%, концентрация HNO_3 после разбавления 55%, влажность отфильтрованного продукта на всех барабанах 10%, все примеси окисляются до CO_2 и H_2O , HNO_3 раскисляется до N_2O_3 , кислотность продукта после промывок менее 0,05%. (можно пользоваться уравнением из практикума, но раскисление до N_2O_3)

80. Определить объем реактора идеального смешения для нитрования толуола, если известно, что его производительность 1т/час. Концентрация H_2SO_4 в реакторе 70% плотность $1,61$ г/см³, концентрация HNO_3 в минеральном слое $-1,2\%$, толуола в органическом слое $0,8\%$ плотность $1,16$, коэффициент распределения $C_{\text{орг}}/C_{\text{мин}}=14$, температура реакции -35°C (при решении задач использовать справочные данные из книги «Толуол и его нитропроизводные», из курса лекций и любой другой литературы, Раздел принять равным 4:1, энергию активации для реакции -22 ккал/моль). Рассчитать тепловой эффект реакции, при заданной производительности, тепловой эффект нитрования принять равным 28 ккал/моль.

81. Рассчитайте состав отработанной кислоты и ФНА на 3-ей стадии получения тротила, если известно, что на одну тонну ДНТ дозируется 630 кг 98% HNO_3 и 2500 кг 100% H_2SO_4 ; в реакциях деструктивного окисления расходуется 4,85% исходного ДНТ, содержанием ТНТ в отработанной кислоте пренебречь.

82. Рассчитайте количество воды, которое необходимо подать на стадию промывки тротила (на 1 тонну тротила), если кислотность тротила до промывки 3%, после промывки 0,1%; состав отработанной кислоты 1 фазы (фактор 70%, содержание оксидов азота 4,5%, HNO_3 0,5%), расход H_2SO_4 (в моногидрате) 2000 кг/тонну. Состав отработанной кислоты на выходе из разбавителя (фактор 68%, оксидов азота 0,5%, HNO_3 - 0,4%). Определите состав промывной воды, если в ТНТ содержится только серная кислота.

83. В производстве тротила на 3-ей фазе используют 100% H_2SO_4 (CHNO - 100%). Фактор нитрующей активности на выходе с 3-ей фазы 89%, содержание оксидов азота-5%, азотной кислоты 2%. Определить долю реакции деструктивного окисления в процессе (окисление боковой цепи не учитывать)

84. Определить состав отработанной кислоты, образующейся при получении тетрила, если известно, что для нитрования 1 т диметиланилина использовали 8,5 т 92% H_2SO_4 и 5 т 98% HNO_3 . Выход тетрила - 85%, м-нитротетрила - 7%. В процессах деструкции и окисления боковой цепи образуются N_2O_3 , CO_2 и H_2O .

85. При нитровании толуола в среде 71% H_2SO_4 в течение 1 часа выделилось 60000 кДж тепла. Определить объем реактора, если известно, что концентрация толуола в органическом слое $-0,75\%$, концентрация HNO_3 в минеральном $-1,5\%$, коэффициент распределения $K_r = C_{\text{мин}}/C_{\text{орг}} = 0,15$. Температура при нитровании 45°C (при решении задач использовать справочные данные из книги «Толуол и его нитропроизводные», из курса лекций и любой другой литературы, Раздел принять равным 4:1, энергию активации для реакции -22 ккал/моль), тепловой эффект нитрования принять равным 28 ккал/моль.

86. В производстве тротила по методу фирмы Bofors-Nobel на 1 тонну готового продукта расходуют 1900 кг олеума. Определить его концентрацию, если фактор на выходе с третьей стадии 90%, расход азотной кислоты на реакцию 180%. Принять, что HNO_3 полностью расходуется в реакциях нитрования и деструктивного окисления ДНТ, а выход на конечных стадиях 92%.

87. Рассчитать кислотность воды, поступающей на разбавление нитромассы в аппарат окислительной кристаллизации, если известно, что в отработанной кислоте содержится 50% HNO_3 , при получении 1 т гексогена выход 72%, Раздел по HNO_3 равен 11 (масс), концентрация исходной кислоты 98%, влажность гексогена на всех стадиях фильтрования 10%, все примеси окисляются до CO_2 , H_2O и N_2O_3 : кислотность гексогена менее 0,05%.

88. Определить расход 80% азотной кислоты, необходимой для получения 1 т тринитробензола методом высокотемпературного окисления тринитротолуола, если концентрация отработанной кислоты 60%, раскисление HNO_3 идет до N_2O_3 , деструктивное окисление отсутствует.

89. Рассчитать количество необходимых промывок при получении гексогена нитролизным методом, если известно, что при получении 1 т. гексогена, выход 73%, Раздел по HNO_3 равен 11 (масс), концентрация HNO_3 после разбавления 55%, влажность отфильтрованного продукта на всех барабанах 10%, все примеси окисляются до CO_2 и H_2O , HNO_3 раскисляется до N_2O_3 , кислотность продукта после промывок менее 0,05%. (можно пользоваться уравнением из практикума, но раскисление до N_2O_3).

90. При нитровании толуола в среде 71% H_2SO_4 в течение 1 часа выделилось 50000 кДж тепла. Определить объем реактора, если известно, что концентрация толуола в органическом слое – 0,5%, концентрация HNO_3 в минеральном – 1,5%, коэффициент распределения $K_p = C_{\text{мин}}/C_{\text{орг}} = 0,1$ Температура нитрования 500С (при решении задач использовать справочные данные из книги «Толуол и его нитропроизводные», из курса лекций и любой другой литературы, Раздел принять равным 4:1, энергию активации для реакции –22 ккал/моль. Тепловой эффект нитрования 28 ккал/моль

91. Рассчитать количество 98% HNO_3 , необходимой для получения 1 кг ТЭНа, если в отработанной кислоте содержится 85% HNO_3 , выход количественный, окислительные реакции отсутствуют.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.2.2. Структура и пример экзаменационных билетов

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме экзамена в 7-м и 8-м семестрах. Экзамен по дисциплине «Химическая технология бризантных ЭНС» включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины и одной задачи. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответ на вопросы билета и задачу оценивается по 10 баллов. Суммарная максимальная оценка на экзамене 40 баллов. Общая оценка освоения дисциплины складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на экзамене. Максимальная оценка знаний – 100 баллов.

Пример экзаменационного билета.

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования и РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Химическая технология бризантных энергонасыщенных соединений»
БИЛЕТ №1 1. Химические и физические свойства ТЭНа. Технология, основные примеси. 2. Малочувствительные ВВ. Требования к ним. Основные направления создания. 3. Конструкция нитратора с центробежным сепаратором. 4. Задача. Рассчитать объем аппарата для получения нитротолуола производительностью 1 т в час, если известно, что константа скорости реакции при 25⁰ С равна 4,31 л/моль/с, энергия активации 78 кДж/моль, Раздел равен – 3, реакцию проводят при 50⁰С, $C_{N^{мин}}=0,25$ мол/л, $C_{ArH^{мин}}=0,002$ мол/л, а рабочий объем аппарата равен 80% от общего.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Орлова, Е. Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ [Текст]: учебник для вузов / Е.Ю. Орлова. - 3-е изд., перераб. - Л. : Химия, 1981. – 312 с. (базовый учебник).
2. Жилин В.Ф., Збарский В.Л., Юдин Н.В. Малочувствительные взрывчатые вещества: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. –170 с. (базовый учебник)
3. Химия энергоемких соединений. Книга 2. N-, O-нитросоединения, фуроксаны, фуразаны, азида, диазосоединения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.П. Шарнин [и др.]. – Электрон. дан. – Казань: КНИТУ, 2011. – 376 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73486>.

Б. Дополнительная литература:

1. Жилин В.Ф., Орлова Е.Ю., Збарский В.Л и др. Руководство к лабораторному практикуму по синтезу нитросоединений: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007, 240 с.
2. Жилин В.Ф., Збарский В.Л. Химия и технология ароматических нитросоединений: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004, 112 с.
3. Збарский, В. Л. Толуол и его нитропроизводные [Текст] / В.Л. Збарский , В.Ф. Жилин. - М. : Эдиториал УРСС., 2000. - 272 с.

4. Генералов М.Б., Силин В.С. Химические реакторы производства нитропродуктов: учеб. пособие для вузов. М.: ИКП «Академкнига», 2004. –392 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал «Боеприпасы» ISSN 2073-6649
- Журнал «Боеприпасы и спецхимия» ISSN 1995-154X
- Журнал «Боеприпасы и высокоэнергетические конденсированные системы» ISSN: 1999-6500
- Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087
- Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822
- International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678
- Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- слайды и компьютерные презентации лекций — банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

Для проведения лабораторных занятий используются оборудование кафедры ХТОСА.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);
- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);
- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- электронная почта преподавателей и студентов.

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

- Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru> (дата обращения: 22.05.2023).
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 22.05.2023).
- ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 22.05.2023).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной

литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

Дополнительные электронные ресурсы

Российские и иностранные электронные ресурсы, обеспечивающие свободный доступ пользователя к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам сети Интернет:

№	Электронный ресурс	Принадлежность, ссылка на сайт ЭБС, количество ключей	Характеристика ресурса, доступ к которому свободный
1.	Google Академия (Google Scholar)	Принадлежность – сторонняя. США. Ссылка на сайт – https://scholar.google.ru/ Доступ свободный	Web-ресурс США. Позволяет проводить поиск научно-технической литературы, в том числе издательств Springer, Elsevier, Royal Society of Chemistry (RSC) и др.
2.	NIST Chemistry WebBook – База данных NIST	Принадлежность – сторонняя. Национальный Институт стандартов и технологий США (NIST). Ссылка на сайт – https://webbook.nist.gov Доступ свободный	Web-ресурс Национального Института стандартов и технологий США (NIST). Содержит базы спектральных данных органических и неорганических соединений
3.	База данных SDBS AIST	Принадлежность – сторонняя. Национальный Институт AIST, Япония Ссылка на сайт – https://sdbb.db.aist.go.jp Доступ свободный	Web-ресурс National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan. Содержит базы спектральных данных органических соединений (ИК, ЯМР, Масс-, ЭПР, раман-спектры)

№	Электронный ресурс	Принадлежность, ссылка на сайт ЭБС, количество ключей	Характеристика ресурса, доступ к которому свободный
4.	USPTO – База патентов США	Принадлежность – сторонняя. USPTO, USA Ссылка на сайт – http://patft.uspto.gov Доступ свободный	Web-ресурс патентного бюро США, содержит полные тексты патентов США с 1976 г. по настоящее время
5.	Espacenet - База европейских и мировых патентов	Принадлежность – сторонняя. European Patent Office (EPO) Ссылка на сайт – worldwide.espacenet.com Доступ свободный	Web-ресурс европейского патентного бюро, содержит полные тексты патентов европейских и других стран с 1827 г. по настоящее время
6.	База патентов России	Принадлежность – сторонняя. European Patent Office (EPO) Ссылка на сайт – ru.espacenet.com Доступ свободный	Web-ресурс европейского патентного бюро, содержит полные тексты патентов РФ
7.	База патентов России	Принадлежность – сторонняя. Ссылка на сайт – http://www.findpatent.ru/ Доступ свободный	Российский Web-ресурс. Поиск патентов и изобретений РФ и СССР
8.	База патентов СССР	Принадлежность – сторонняя. Ссылка на сайт – http://patents.su/ Доступ свободный	Российский Web-ресурс. Поиск патентов и изобретений СССР
9.	База патентов России	Принадлежность – сторонняя. Ссылка на сайт – http://www.freepatent.ru/ Доступ свободный	Российский Web-ресурс. Поиск патентов РФ.
10.	База поиска патентов США и других стран	Принадлежность – сторонняя. FPO, США Ссылка на сайт – www.freepatentsonline.com	Web-ресурс патентного бюро FPO, США. Поиск патентов США и других стран

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с рабочим учебным планом занятия по дисциплине «Химическая технология бризантных ЭНС» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Для проведения лабораторного практикума используется оборудование, химическая посуда, реактивы, приборы и экспериментальные установки кафедры:

- Ультрафиолетовая лампа для проявки ТСХ, с длинами волн 254 и 356 нм,
- ИК-спектрофотометр Thermo Nicolet 360 FT IR с приставкой НПВО,
- ВЭЖХ-хроматограф, совмещенный с масс-спектрометром (ESI),
- газовый хроматограф с пламенно-ионизационным детектором, совмещенный с масс-спектрометром электронного удара.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Макеты и технологические схемы производства ЭНС.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное /вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение Химическая технология энергонасыщенных соединений.	<i>Знает:</i> теоретические основы современных методов производства высокоэнергетических веществ. <i>Умеет:</i> проводить анализ потенциальных опасностей процессов производства ЭМ <i>Владеет:</i> принципами выбора ЭМ.	Оценка за контрольный опрос; оценка за экзамен.
Раздел 1. Общие принципы подхода к организации технологических процессов производства энергоёмких материалов	<i>Знает:</i> основные факторы, определяющие целесообразность создания новых и модернизации существующих производств. ЭМ. Параметры, определяющие эффективность технологии <i>Умеет:</i> производить оценку наличия сырьевой базы. <i>Владеет:</i> основными принципами выбора и синтеза новых ЭМ, изучения их физических, химических и специальных свойств, определения области использования.	Оценка за контрольный опрос; оценка за экзамен.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 2 Принципиальная схема цеха по получению нитросоединений.	<i>Знает:</i> основные особенности производства нитросоединений в том числе с позиций технологической безопасности. <i>Умеет:</i> производить выбор системы регенерации отработанных (азотной, серной и уксусной) кислот и растворителей. <i>Владеет:</i> методами организации кислото- и водооборота. Биологическая очистка сточных вод. Принципами взрывобезопасного исполнения систем вентиляции и сбора отходов.	Оценка за контрольный опрос; оценка за экзамен.
Раздел 3. Реакционный узел в производстве нитросоединений. Дополнительные главы теории нитрования	<i>Знает:</i> основные системы подготовки компонентов. Методы регулирования и обеспечения равномерности дозирования. Механизм, кинетика и термодинамика процессов нитрования. <i>Умеет:</i> рассчитывать теплоту реакции нитрования и разбавления кислот и их смесей. <i>Владеет:</i> методами расчета состава кислотных смесей, скорости нитрования и основных параметров процесса.	Оценка за контрольный опрос; оценка за экзамен.
Раздел 4. Технологическое оформление процессов нитрования.	<i>Знает:</i> основные особенности нитрования в гомогенных и гетерогенных системах. Конструкцию основных типов нитраторов. <i>Умеет:</i> проводить выбор аппаратного оформления процессов <i>Владеет:</i> Методами оценки взрывоопасности целевых продуктов, реакционных смесей и выбором мер предупреждающих возникновение аварий.	Оценка за контрольную работу; оценка за экзамен.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 5. Производство ароматических нитросоединений	<i>Знает:</i> химию нитропроизводных бензола, толуола и других АУ. Технологию основных ароматических нитросоединений в том числе динитротолуола, тринитротолуола <i>Умеет:</i> осуществлять лабораторный синтез ароматических соединений в том числе тринитротолуола. <i>Владеет:</i> Методологией выбора технологического оформления стадии нитрования.	Оценка за контрольную работу; оценка на коллоквиуме; оценка за экзамен.
Раздел 6. Технология N-нитраминов	<i>Знает:</i> химию и технологию ароматических и алифатических нитраминов. <i>Умеет:</i> осуществлять лабораторный синтез циклических нитраминов <i>Владеет:</i> принципами выбора технологической схемы и оборудования производства октогена, гексогена, тетрила.	Оценка за контрольную работу; оценка на коллоквиуме; оценка за экзамен.
Раздел 7. Технология нитроэфиров	<i>Знает:</i> химию и технологию нитроэфиров <i>Умеет:</i> осуществлять лабораторный синтез нитроэфиров <i>Владеет:</i> принципами выбора технологической схемы и оборудования производства ТЭН и жидких нитроэфиров	Оценка за контрольную работу; оценка на коллоквиуме; оценка за экзамен.
Раздел 8. Малочувствительные ВВ и составы	<i>Знает:</i> химию и технологию малочувствительных ВВ (МЧВВ) <i>Умеет:</i> осуществлять лабораторный синтез НТО и ДАДНЭ <i>Владеет:</i> принципами выбора технологической схемы и оборудования производства МЧВВ	Оценка за контрольную работу; оценка на коллоквиуме; оценка за экзамен.
Раздел 9. Технология нитросоединений, используемых в качестве промежуточных продуктов в химической промышленности	<i>Знает:</i> химию и технологию нитробензола, моно- и динитротолуола <i>Умеет:</i> осуществлять лабораторный синтез динитротолуола <i>Владеет:</i> принципами выбора технологической схемы и оборудования производства основных ароматических нитросоединений	Оценка за контрольную работу; оценка на коллоквиуме; оценка за экзамен.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Химическая технология бризантных энергонасыщенных
соединений»

основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Химическая физика энергонасыщенных материалов»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

к.т.н., профессором кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,
Серушкиным В.В.,

д.х.н., профессором кафедры «Химической технологии органических соединений азота»
Синдицким В.П.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	9
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	10
4.2. Содержание разделов дисциплины.....	12
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	16
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	19
6.1. Практические занятия	19
6.2. Лабораторные работы	19
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	20
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	20
8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения теоретических разделов дисциплины	21
8.1.1. Примерный перечень тем расчетных работ:.....	21
8.1.2. Примеры расчетных работ	21
8.1.3. Примеры контрольных опросов и работ	22
8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения лабораторного практикума	24
8.3. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины.....	25
8.4. Структура и примеры экзаменационных билетов.....	27
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	28
9.1. Рекомендуемая литература	28
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации	29
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	29
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	30
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	30
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:.....	30
11.2. Учебно-наглядные пособия:	31
11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	31
11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	31
11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения	31
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	32
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	36

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение двух семестров.

Дисциплина «Химическая физика энергонасыщенных материалов (ЭНМ)» относится к дисциплинам специализации обязательной части Б1.О.38.02.

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физической химии, физики, математики, процессов и аппаратов химической технологии, а также профилирующих дисциплин: «Энергонасыщенные материалы: виды, свойства, применение» и «Химия энергонасыщенных соединений». Знания, полученные при изучении дисциплины, являются основой для последующего изучения специальных дисциплин «Теория, свойства и применение ЭНМ и изделий», «Основы технологий ЭНМ и изделий», «Теория, свойства и применение ВВ», «Научно-исследовательский практикум».

Цель дисциплины «Химическая физика энергонасыщенных материалов» – изучение теории возникновения и развития самораспространяющихся физико-химических процессов горения и детонации, кинетики химических реакций, лежащих в основе взрывчатого превращения энергонасыщенных материалов.

Задачи дисциплины:

- сформировать четкие представления о строении ЭНМ, особенностях термодинамики, теплофизики и кинетики химического превращения во всем многообразии условий, в которых они находятся в процессе производства, переработки, транспортировки, хранения и применения;
- изучить структуру физико-химических волн горения и детонации, их газо- и гидродинамику, процессы инициирования, распространения и затухания волн, условия перехода одних форм самораспространяющегося химического превращения в другие.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью ознакомления обучающихся:

1. с физико-химическими основами термического распада ЭНМ, распространения волн горения и детонации в газовых и конденсированных системах;
2. с основами термодинамики и термохимии продуктов горения и детонации, методами расчета равновесного состава и термодинамических параметров продуктов горения и взрыва;
3. с основами теории теплового взрыва, научно обоснованными подходами к расчету параметров зажигания;
4. с современным состоянием теории горения газовых и конденсированных систем, а также физическими и техническими основами методов исследования процессов горения ЭС различных классов и назначения;
5. с основами теории детонации, методами исследования процесса детонации и распространения ударных волн в конденсированной среде и в газах;
6. с экспериментальными данными, полученными к настоящему времени в области горения и детонации ЭС различных классов и назначения;
7. с теоретическими основами инициирования взрывчатого превращения в ЭС различных классов под воздействием различных импульсов, методами определения чувствительности ЭС к внешним воздействиям;
8. с основными положениями о разрушающем действии взрыва.

Дисциплина «Химическая физика энергонасыщенных материалов» преподается в 7 и 8 семестрах, включает лекции, практические занятия (7 семестр) и лабораторный практикум (8 семестр). Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть частично реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
- Участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее - НИОКР), направленных на совершенствование получения и использования энергонасыщенных материалов и изделий и изучение их свойств; - разработка программ, методик, технических средств для проведения исследований свойств существующих и новых энергонасыщенных материалов и изделий; - обработка и анализ результатов экспериментальных	Индивидуальные и смесевые энергонасыщенные материалы и изделия на их основе; расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК- 4 Способен разрабатывать инновационные методики и программы проведения исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний	ПК-4.1 Знает основные методы, используемые при проведении исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; физико-химические основы возникновения и развития самораспространяющихся процессов горения и детонации и методы расчёта их параметров; физические основы взрыва в различных средах; методы создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергонасыщенных смесевых материалов от природы и соотношения компонентов;	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. В /02.6. Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
исследований, формулирование выводов, подготовка отчетов и публикаций о результатах исследований, защита интеллектуальной собственности; - участие во внедрении результатов НИОКР; - поиск и анализ научно-технической информации в области энергонасыщенных материалов и изделий с целью научно-практической и патентной поддержки проводимых исследований.			ПК-4.2 Умеет теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов; предлагать и решать задачи, связанные с проведением исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик; ПК-4.3 Владеет методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений; основными экспериментальными методами синтеза, анализа энергонасыщенных соединений, комплексного исследования их физико-химических и взрывчатых свойств.	

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

знать:

- основные понятия, определения, классификацию, области применения, основные представители ЭМ;
- основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений;
- количественную теорию возникновения и развития самораспространяющихся физико-химических процессов горения и детонации, перехода горения в детонацию;
- современные представления о методах расчета и создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами;
- классификацию энергонасыщенных материалов и изделий с точки зрения промышленной безопасности, транспортировки, хранения, применения, основную номенклатуру материалов и изделий;
- химические, физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики основных представителей индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов;
- теоретические основы разработки составов на основе энергонасыщенных материалов;

уметь:

- теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов.

владеть:

- методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий;
- навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Всего		7 семестр		8 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	10	360	5	180	5	180
Контактная работа – аудиторные занятия:	4.0	144	1.78	64	2.22	80
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2</i>	<i>72</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>2</i>	<i>72</i>
Лекции (Лек)	1.33	48	1.33	48	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0.45	16	0.45	16	-	-
Лабораторные занятия (ЛР)	2.22	80	-	-	2.22	80
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2</i>	<i>72</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>2</i>	<i>72</i>
Самостоятельная работа:	5.0	180	2.22	80	2.78	100
Контактная самостоятельная работа	5.0	0.2	2.22	-	2.78	0.2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		179.8		80		99.8
Экзамен	1	36	1	36	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0.4	1	0.4	-	-
Подготовка к экзамену		35.6		35.6		-
Вид контроля:			Экзамен		Зачет	

Виды учебной работы	Всего		7 семестр		8 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	10	270	5	135	5	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	4.0	108	1.78	48	2.22	60
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2</i>	<i>54</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>2</i>	<i>54</i>
Лекции (Лек)	1.33	36	1.33	36	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0.45	12	0.45	12	-	-
Лабораторные занятия (ЛР)	2.22	60	-	-	2.22	60
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2</i>	<i>54</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>2</i>	<i>54</i>
Самостоятельная работа:	5.0	135	2.22	60	2.78	75
Контактная самостоятельная работа	5.0	0.15	2.22	-	2.78	0.15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		134.75		60		74.75
Экзамен	1	27	1	27	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0.3	1	0.3	-	-
Подготовка к экзамену		26.7		26.7		-
Вид контроля:			Экзамен		Зачет	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Введение	6		2				4
1.	Раздел 1. Основы химической кинетики термического распада энергонасыщенных материалов	56	18	8	2	20	18	26
1.1	Основные положения и определения химической кинетики термического распада энергонасыщенных материалов (ЭМ)	5		1				4
1.2	Термический распад различных классов ЭМ	51	18	7	2	20	18	22
2.	Раздел 2. Теплофизика экзотермических химических превращений	34	5	4	4	6	5	20
2.1	Адиабатическое воспламенение	22	5	2	2	6	5	12
2.2	Теория "теплового взрыва"	7.5		1.5	2			4
2.3	Зажигание	4.5		0.5				4
3.	Раздел 3. Термодинамика физико-химических волн	52	9	6	6	10	9	30
3.1	Термодинамическое описание волновых процессов	4		2				2
3.2	Термодинамика горения и детонации	10		2	2			6
3.3	Продукты горения ЭМ при умеренном давлении	7		1	2			4
3.4	Термодинамика продуктов взрыва ЭМ	31	9	1	2	10	9	18
4.	Раздел 4. Теория горения	58	18	8	0	20	18	30
4.1	Стационарное горение	51	18	6		20	18	25
4.2	Тепловая неустойчивость горения	3		1				2

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
4.3	Гидродинамическая неустойчивость горения	2.5		0.5				2
4.4	Газодинамическая неустойчивость горения	1.5		0.5				1
5.	Раздел 5. Теория детонации	54	9	12	2	10	9	30
5.1	Теория детонации газов	7		2	1			4
5.2	Ударные волны в конденсированных веществах	4		2				2
5.3	Детонация конденсированных веществ	35	9	4	1	10	9	20
5.4	Нестационарные явления при детонации конденсированных ЭМ	8		4				4
6.	Раздел 6. Возбуждение взрывчатого превращения	56	13	6	2	14	13	34
6.1	Возбуждение химической реакции под воздействием внешнего импульса	3		1				2
6.2	Возбуждение взрывчатого превращения тепловым импульсом	15	4	1		4	4	10
6.3	Возбуждение взрыва при механических воздействиях	30	9	2	2	10	9	16
6.4	Возбуждение взрыва при динамических воздействиях	3		1				2
6.5	Возбуждение взрывчатого превращения при воздействии электрических импульсов	2.5		0.5				2
6.6	Переход горения в детонацию (ПГД)	2.5		0.5				2
7.	Раздел 7. Разрушающее действие взрыва	8		2				6
	ИТОГО	324	72	48	16	80	72	180
	Экзамен	36						
	ИТОГО	360						

4.2. Содержание разделов дисциплины.

Введение

Структура дисциплины, литература по дисциплине. Энергетические ресурсы человечества. Химические энергоносители (ХЭН). Особенности энергетических потребностей некоторых отраслей техники. Энергонасыщенные материалы (ЭМ). Конденсированные взрывчатые системы (КВС). Области применения. Основные представители конденсированных ВС. Классификация ЭМ. Способность вещества к экзотермическим превращениям. Самоускоряющиеся реакции. Способность физико-химических процессов к самораспространению. Тепловое, автокаталитическое и цепное самоускорение. Формы и способы инициирования взрывного превращения. Основные режимы горения - тепловой и холоднопламенный, кинетический и диффузионный. Горение ламинарное (кондуктивное), турбулентное (конвективное). Радиационный режим горения. Взрывное горение. Детонация. Проблемы взрывобезопасности в химической и иных отраслях промышленности.

Раздел 1. Основы химической кинетики термического распада энергонасыщенных материалов

1.1. Основные положения и определения химической кинетики термического распада энергонасыщенных материалов (ЭМ).

Мономолекулярные и бимолекулярные реакции. Глубина превращения. Характеристическое время реакции (t_r). Гарантийный срок хранения. Принцип квазистационарных концентраций. Макроскопические стадии сложных реакций. Реакции, контролируемые диффузией, и энергия активации. Физический смысл предэкспоненциального множителя для моно- и бимолекулярных реакций. Влияние температуры на константу скорости. Реакции разложения и реакции окисления. Их температурные зависимости. Цепные реакции. Особенности окисления диоксидом и оксидом азота.

1.2. Термический распад различных классов ЭМ.

Основные особенности распада ЭМ (кинетические характеристики, продукты распада, выделение тепла при распаде). Особенности низкотемпературного химического превращения ЭМ разных классов. Химическая стойкость ЭМ (при хранении, в процессе производства, при снаряжении, в условиях применения). Пути повышения химической стойкости. Методы оценки химической стойкости. Методы исследования кинетики термического разложения ЭМ. Неизотермическая кинетика. Определение кинетических параметров.

Влияние агрегатного состояния на скорость распада. Реакции в газовой фазе. Роль гетерогенных процессов. Влияние обратимости реакций распада на кинетические параметры.

Реакции в жидкой фазе. Автокатализ. Линейный автокатализ. Изменение скорости автокаталитической реакции со временем.

Распад твердых веществ. Эффекты, которые возмущают и маскируют твердофазный процесс. Топохимические реакции при распаде ЭМ. Влияние внешних воздействий на распад ЭМ.

Алифатические и ароматические нитросоединения. Молекулярный и радикальный распад. Влияние структуры. Нитро-нитритная перегруппировка. Образование аци-формы.

Термический распад нитроэфиров. Особенности распада в жидкой фазе. Влияние структуры. Влияние воды. Гидролиз. Особенности распада нитроклетчатки.

Вторичные нитрамины. Влияние геометрической структуры нитраминного фрагмента на кинетические параметры.

Органические азиды. Термическое разложение фуразанов и фуроксанов. Термическое разложение тетразолов. Органические дифтораминасоединения.

Общие закономерности термического разложения ониевых солей. Влияние избыточной кислоты или основания. Сублимация и термическое разложение.

Азотная кислота. Влияние концентрации на кинетические закономерности распада. Растворы азотной кислоты в органических растворителях.

Хлорная кислота. Причины остановки распада. Влияние концентрации. Цепной процесс при разложении.

Нитрат аммония. Ионный и радикальный механизм разложения. Влияние воды, кислоты и аммиака на скорость разложения. Влияние добавок на скорость разложения.

Перхлорат аммония. Кинетика низко- и высокотемпературного разложения. Влияние избыточных кислот и оснований, различных добавок и излучения. Термическое разложение смесевых систем на основе перхлората аммония.

Динитромидат аммония. Нитроформат гидразина.

Раздел 2. Теплофизика экзотермических химических превращений

2.1. Адиабатическое воспламенение.

Преобразование экспоненциальной функции по Д.А. Франк-Каменецкому. Подобие полей концентраций полю температуры.

Скорость выделения тепла при химической реакции. Экзотермическая реакция в адиабатических условиях. Скорость накопления тепла в системе. Максимум скорости. Период индукции (t_a). Критерий взрывчатости. "Вырождение". Зависимость адиабатического периода индукции от начальной температуры и давления.

2.2. Теория "теплового взрыва"

Теория Н.Н. Семенова и Д.А. Франк-Каменецкого. Скорость выделения, подвода, отвода и накопления тепла. Критерий Семенова (Se) и Франк-Каменецкого (Fk). Критические условия теплового взрыва при постоянном коэффициенте теплообмена. Время прогрева и период индукции. Задержка воспламенения. Основные задачи теории воспламенения. Автокаталитический "тепловой взрыв". Очаговый "тепловой взрыв". Воспламенение при адиабатическом сжатии газа. Воспламенение в потоке.

2.3. Зажигание

Переход от симметричного воспламенения к несимметричному. Несимметричное воспламенение пластины (задача Я.Б. Зельдовича). Воспламенение полубесконечного тела. Воспламенение и горение. Методы определения характеристик воспламенения и зажигания.

Раздел 3. Термодинамика физико-химических волн

3.1. Термодинамическое описание волновых процессов.

Волновые явления в природе и технике, сопровождающиеся существенными физико-химическими превращениями - волны плавления и кристаллизации, кипения и конденсации, полиморфные переходы, топохимические реакции в волновом режиме. Диффузионные волны, волны прогрева и охлаждения, звуковые волны, ударные волны и волны разрежения. Уравнения сохранения и уравнение состояния исходного вещества и продуктов горения и взрыва, как основа математического описания процессов распространения волн экзотермических химических реакций. Связь функций состояния и гидродинамических переменных в данном сечении волны. Адиабата Гюгонио. Прямая Рэлея-Михельсона. Дефлаграция. Детонация. Условие Жугэ. Стационарность движения и устойчивость стационарных решений. Пути реализации сильных и слабых волновых процессов.

3.2. Термодинамика горения и детонации.

Исходные положения. Стехиометрия ВС. Кислородный баланс (КБ) и коэффициент избытка окислителя (α_0). Кислородный коэффициент (A). Эквивалентное отношение (ϕ). Компоновка и расчет элементарного состава взрывчатых систем.

Корреляционные методы расчета ΔH_r° . Изменение энтальпии в результате реакции взрывчатого превращения (ΔH_r°). Основные формы уравнения состояния продуктов горения и взрыва и области их применения (сгорание ТРТ в полужамкнутом объеме. Сгорание пороха в замкнутом объеме. Детонация и расширение продуктов взрыва).

3.3. Продукты горения КВС при умеренном давлении.

Термодинамическое равновесие в продуктах горения. Основные равновесные реакции, их энергии Гиббса (ΔG_T), константы равновесия (K_p). Таблицы внутренних энергий и энтальпий продуктов горения. Три группы CHNO - взрывчатых систем. Приближенный расчет состава и термодинамических характеристик продуктов сгорания в равновесном адиабатическом процессе. Диссоциация продуктов сгорания. Образование гидроксил радикала, оксидов азота, метана, аммиака и синильной кислоты при горении и взрыве. Продукты сгорания галогенсодержащих ВС. Образование сажи при горении. Горение металлов. Расчет состава и термодинамических характеристик продуктов сгорания. Равновесное охлаждение продуктов сгорания. Замороженное равновесие.

3.4. Термодинамика продуктов взрыва КВС.

Методы экспериментального определения теплоты, температуры и состава продуктов горения и взрыва. Калориметрическая бомба Бертло. Бомба Бихеля. Детонационный калориметр.

Уравнение Нобля-Абея. Коволум и сила пороха. Уравнение состояния продуктов взрыва при сверхвысоком давлении (10^9 - 10^{11} Па). Тепловое (кинетическое) давление и упругое (холодное, статическое) давление. Принцип расчета состава и термодинамических характеристик продуктов взрыва при высоком давлении.

Раздел 4. Теория горения

4.1. Стационарное горение.

Нормальная скорость горения. Горение газов и летучих взрывчатых веществ. Зона прогрева и зона реакции. Баланс тепла при ламинарном горении. Нормальная скорость одностадийного горения. Ведущая стадия горения. Двухстадийное горение.

Горение взрывчатых веществ с тепловыделением в конденсированной фазе. Явление диспергирования при горении. Ведущая стадия горения.

Влияние давления и начальной температуры на скорость горения конденсированных систем. Практическое значение указанных зависимостей.

Результаты опытов по горению КВС различных химических классов. Реакция в конденсированной и газовой фазах.

Закономерности горения смесевых твердых ракетных топлив. Влияние природы и размера частиц окислителя, природы связующего, соотношения окислитель-горючее. Регулирование баллистических характеристик.

Методы определения скорости горения конденсированных систем. Бомба постоянного давления. Манометрическая бомба. Исследования структуры пламени.

4.2. Тепловая неустойчивость горения

Пределы распространения пламени. Критический диаметр горения. Концентрационные пределы. Тепловая неустойчивость при горении ЭМ. Критерий Зельдовича. Критерий Новожилова.

4.3. Гидродинамическая неустойчивость горения.

Автотурбулизация горения жидкостей по Ландау-Андрееву. Влияние вязкости на критическую скорость горения. Турбулентное (конвективное) горение порошкообразных веществ. Переход горения на турбулентный режим. Опыты в бомбе постоянного давления и в манометрической бомбе.

4.4. Газодинамическая неустойчивость горения.

Газодинамическая неустойчивость горения ЭМ. Влияние показателя степени в законе горения на газодинамическую неустойчивость.

Раздел 5. Теория детонации

5.1. Теория детонации газов.

Правило отбора Чепмена-Жугэ. Скорость детонации газа. Зависимость ее от теплоты взрыва, состава продуктов взрыва, начальной температуры и давления. Теория и опыт. Структура фронта детонационной волны. Спиновая детонация в газах.

5.2. Ударные волны в конденсированных веществах.

Измерение давления в ударной волне. Метод откола. Метод аквариума. Электромагнитный метод. Ударные адиабаты конденсированных веществ. Температура ударного разогрева.

5.3. Детонация конденсированных веществ.

Зависимость идеальной скорости детонации от плотности наряда. Теория идеальной детонации КВС Ландау-Станюковича. Уравнение состояния продуктов взрыва при детонации. Механизм реакции при детонации. Температура детонации. Методы расчета параметров детонации. Методы экспериментального определения параметров детонации конденсированных ЭМ.

5.4. Нестационарные явления при детонации конденсированных ЭМ.

Детонация конденсированных ЭМ с потерями. Зависимость скорости детонации, давления и температуры в детонационной волне от диаметра заряда. Критический диаметр детонации. Принцип Ю.Б. Харитона. Зависимость критического диаметра детонации от начальной температуры, плотности заряда, размеров частиц и др. факторов. Влияние оболочки на скорость и критический диаметр детонации. Теория критического диаметра детонации гомогенных ЭМ.

Низкоскоростные детонационные режимы, механизмы их распространения в жидких и твердых ЭМ.

Раздел 6. Возбуждение взрывчатого превращения

6.1. Возбуждение химической реакции под воздействием внешнего импульса.

Основные положения. Виды чувствительности к внешним воздействиям. Начальные импульсы. Избирательность чувствительности ЭМ к различным начальным импульсам. Пути возникновения взрывов при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов.

6.2. Возбуждение взрывчатого превращения тепловым импульсом.

Возникновение вспышки ВВ при постоянной температуре или медленном нагреве. Возникновение горения ВВ при его поджигании (воспламенение ВВ). Экспериментальные методы определения чувствительности ВВ к тепловому воздействию.

6.3. Возбуждение взрыва при механических воздействиях.

Механизм инициирования твердых ВВ. Концентрация энергии упругого сжатия. Разрушение. Разогрев на плоскостях скольжения. Роль частиц абразивных материалов. Методы испытания: копры К-44-I и К-44-II, приборы №1 и №2. Основные характеристики чувствительности. Критическое напряжение, критическая энергия, наименьшая высота падения груза, частоты взрывов в приборах №1 и №2. Чувствительность ЭМ к трению. Методы испытания, копер К-44-III. Сравнение методов испытания друг с другом.

6.4. Возбуждение взрыва при динамических воздействиях.

Точечное инициирование. Минимальный инициирующий импульс. Иницирующее действие капсулей-детонаторов. Ударная волна как результат и источник возникновения взрыва. Критическое давление инициирования детонации. Зависимость критического давления инициирования детонации от различных факторов. Передача детонации через преграду, Гэп-тест. Передача детонации на расстояние. Методы испытаний. Расстояния безопасные по передаче детонации.

6.5. Возбуждение взрывчатого превращения при воздействии электрических импульсов.

Воздействие мостика накаливания, электрического пробоя разрядных искровых промежутков, электрического взрыва металлических проволок на конденсированные ЭМ. Чувствительность конденсированных ЭМ к разряду статического электричества.

Переход горения в детонацию (ПГД).

Основные стадии процесса. Методы исследования процесса, определения склонности ЭМ к ПГД. Критические условия стационарного горения, срыва стационарного режима на конвективный режим. Режимы конвективного горения, механизм формирования ударной волны критической интенсивности. Особенности перехода горения в детонацию в порошкообразных и высокоплотных ЭМ.

Раздел 7. Разрушающее действие взрыва

Общие положения о работе взрыва. Формы работы и баланс энергии при взрыве.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел							
		Введение	1	2	3	4	5	6	7
	Знать:								
1	- основные понятия, определения, классификацию, области применения, основные представители ЭМ; - основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений;	+							+
2	- количественную теорию возникновения и развития самораспространяющихся физико-химических процессов горения и детонации, перехода горения в детонацию;		+	+	+	+	+	+	
3	- современные представления о методах расчета и создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами;				+	+	+		
4	- классификацию энергонасыщенных материалов и изделий с точки зрения промышленной безопасности, транспортировки, хранения, применения, основную номенклатуру материалов и изделий;	+							
5	- химические, физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики основных представителей индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов;		+			+	+	+	
	Уметь:								
6	- теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов.			+	+	+	+	+	
	Владеть:								
7	- методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий;		+	+	+	+	+	+	
8	- навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений.		+		+	+	+	+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел							
			Введение	1	2	3	4	5	6	7
9	ПК-4 Способен разрабатывать инновационные методики и программы проведения исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний	ПК-4.1 Знает основные методы, использующиеся при проведении исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; физико-химические основы возникновения и развития самораспространяющихся процессов горения и детонации и методы расчёта их параметров; физические основы взрыва в различных средах; методы создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; принципы подбора компонентов и зависимость важнейших свойств энергонасыщенных смесевых материалов от природы и соотношения компонентов	+	+	+	+	+	+	+	+
		ПК-4.2 Умеет теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов; предлагать и решать задачи, связанные с проведением исследований индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, их испытаний; прогнозировать взрывчатые свойства энергонасыщенных материалов на основе их физико-химических характеристик		+		+	+	+		+

№	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Раздел							
			Введение	1	2	3	4	5	6	7
		ПК-4.3 Владеет методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений; основными экспериментальными методами синтеза, анализа энергонасыщенных соединений, комплексного исследования их физико-химических и взрывчатых свойств		+	+	+	+	+	+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Химическая физика энергонасыщенных материалов» в объеме 16 часов (0.45 зач. ед.) в 7 семестре. Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, приобретение навыков решения ряда практических задач в области энергонасыщенных материалов и изделий.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1.2	Методы исследования кинетики термического разложения ЭНМ. Методы оценки химической стойкости.	2
2	2.1	Экзотермическая реакция в адиабатических условиях. Расчет адиабатического периода индукции (t_a), критерия взрывчатости. Зависимость индукции от начальной температуры и давления.	2
3	2.2	Основные задачи теории воспламенения.	2
4	3.2	Стехиометрия многокомпонентных энергонасыщенных систем. Компонировка и расчет элементарного состава многокомпонентных взрывчатых систем. Расчет кислородного баланса, коэффициента избытка окислителя, кислородного коэффициента, эквивалентного соотношения.	2
5	3.3	Термодинамическое равновесие в продуктах горения. Расчет состава и термодинамических характеристик продуктов сгорания.	2
6	3.4	Методы расчета состава и термодинамических характеристик продуктов взрыва при высоком давлении.	2
7	5.1	Расчет параметров детонации в газах.	1
	5.3	Детонация конденсированных веществ	1
8	6.3	Методы определения чувствительности ЭНМ к механическим воздействиям	2

6.2. Лабораторные работы

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению теоретического материала, изучаемого в дисциплине «Химическая физика энергонасыщенных материалов», а также направлено на приобретение навыков экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных материалов.

Лабораторный практикум по дисциплине «Химическая физика энергонасыщенных материалов» выполняется в соответствии с Учебным планом в 8 семестре и занимает 80 акад. ч. (2.22 зач. ед.). Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 100 баллов (максимально по 12 - 14 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Изучение кинетики и механизма термического распада ЭМ изотермическим методом. Измерение скорости и состава продуктов медленного химического превращения.	10
2	1	Изучение кинетики термического распада ЭМ методом дифференциально-сканирующей калориметрии.	10
3	2, 6	Определение температуры вспышки ЭМ	10
4	3	Определение теплоты, температуры, состава и объема газообразных продуктов взрыва.	10
5	4	Измерение скорости горения ЭНМ и определение зависимости ее от давления.	10
6	4	Измерение температуры горения ЭНМ методом микротермопар.	10
7	5	Измерение скорости детонации конденсированных веществ.	10
8	6	Инициирование взрыва при ударе и трении. Копровые испытания ЭМ.	10

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Химическая физика энергонасыщенных материалов» предусмотрена самостоятельная работа студента специалитета в объеме 80 ч. в 7 семестре и 100 ч в 8 семестре плюс 36 ч подготовка к экзамену в 7 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

1. регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала;
2. выполнение домашних расчетных работ;
3. подготовку к лабораторным работам;
4. подготовку к сдаче экзамена (7 семестр), к защите лабораторных работ (8 семестр).

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в 7-ом семестре складывается из оценок за выполнение трёх домашних расчетных работ (РР, максимальная оценка 5, 15, 5 баллов соответственно), две контрольные работы (КР, максимальная оценка 15, 10 баллов соответственно), два контрольных опроса (КО, максимальная оценка 5, 5 баллов соответственно) по содержанию разделов 1, 4 и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов). Совокупная оценка по дисциплине в 8-ом семестре складывается из оценок за защиту лабораторных работ.

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения теоретических разделов дисциплины

Для текущего контроля в 7-ом семестре предусмотрено:

- три домашних расчетных работы (РР), максимальная оценка 5, 15, 5 баллов соответственно;
- две контрольные работы по содержанию разделов 2, 6, 7, максимальная оценка за контрольные работы 1 и 2 составляет 15 и 10 баллов;
- два контрольных опроса (КО) по содержанию разделов 1, 4, максимальная оценка 5 баллов за каждый.

Вид контроля	РР №1	РР №2	РР №3	КО №1	КО №2	КР №1	КР №2	Σ
Баллы	5	15	5	5	5	15	10	60

8.1.1. Примерный перечень тем расчетных работ:

1. Расчет температуры вспышки и времени индукции теплового взрыва энергонасыщенного материала.
2. Расчет равновесного состава и термодинамических параметров продуктов горения CHNO энергонасыщенного материала.
3. Расчет параметров идеальной детонации для способной к экзотермическому превращению газообразной системы и для конденсированного энергонасыщенного материала.

8.1.2. Примеры расчетных работ

Работа №1. Максимальная оценка 5 баллов.

Вариант № 1

1. Рассчитать время до взрыва (адиабатические условия) энергетического материала с $E_a = 40\,000$ кал/моль, $A = 10^{14}$, сек⁻¹ при следующих условиях:
 - а) $T_0 = 400$ К
 - б) $T_0 = 600$ К
2. Рассчитать температуру вспышки для этого вещества ($Q/c_p = 1300$ К)

Вариант № 2

1. Рассчитать время до взрыва (адиабатические условия) энергетического материала с $E_a = 35\,000$ кал/моль, $A = 10^{14}$, сек⁻¹ при следующих условиях:
 - а) $T_0 = 450$ К
 - б) $T_0 = 700$ К
2. Рассчитать температуру вспышки для этого вещества ($Q/c_p = 1300$ К)

Работа №2. Максимальная оценка 15 баллов.

Вариант № 1

Рассчитать состав и термодинамические характеристики продуктов горения состава ТГ 50/50 (50% тротила / 50% гексогена).

Необходимо рассчитать следующие параметры: элементный состав («килограммовую формулу»), $\Delta H_{f(исх)}$, KB , α_o , состав продуктов (оформить в виде таблицы), n_o , R , ΔH_f , Q_p , Q_v , $Q_{ж}$, c_p , c_v , γ , T_p , T_v , c_p , c_v , γ , g_k , M .

Вариант № 2

Рассчитать состав и термодинамические характеристики продуктов горения баллиститного пороха, состоящего из 64% нитроцеллюлозы (12.0% N: $\text{C}_{22.740} \text{H}_{29.332} \text{N}_{8.567} \text{O}_{36.084}$, $\Delta H_f = -2746.2$ кДж/кг) и 36% нитроглицерина (НГЦ).

Работа №3. Максимальная оценка 5 баллов.

Задание:

1. Детонация газовой смеси при $p_0=1$ атм, $v_0=1$ м³/кг ($\rho_0=1$ кг/м³) рассчитать:
 - а) для плоскости Чепмена-Жуге: $D, v_2, p_2, E_2, U_2, u_2, C_2, T_2$,
 - б) для фронта ударной волны: $v_1, p_1, E_1, U_1, u_1, C_1, T_1$,
 - с) предельную скорость горения газовой смеси U_{fj} и давление в точке $j - p_j$.

2. Детонация конденсированного ВВ

- а) по методу Мартина-Яллопа рассчитать D ($\rho_0=1.6$ г/см³)
- б) используя теорию Ландау Станюковича при $n=3$ рассчитать v_2, p_2, U_2, u_2, C_2

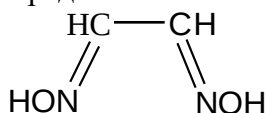
Исходные данные: полученные в результате выполнения работы №2: $C_{nC} H_{nH} N_{nN} O_{nO}$; состав продуктов; ΔH_f ; Q_v ; T_v ; $\bar{\gamma}$; $\bar{c}_p$; $\bar{c}_v$.

8.1.3. Примеры контрольных опросов и работ

Контрольный опрос по содержанию раздела 1.

Вариант №1

1. Глубина превращения η . Кинетическое уравнение первого порядка, выраженное через глубину превращения η .
2. В каких координатах необходимо построить изменение концентрации вещества от времени, чтобы получить прямую линию для реакции второго порядка.
3. Предложите начальные стадии термоллиза ниже приведенного вещества



Вариант №2

1. Характеристическое время реакции. Гарантийный срок хранения.
2. В каких координатах необходимо построить изменение концентрации вещества от времени, чтобы получить прямую линию для реакции первого порядка
3. Предложите начальные стадии термоллиза ниже приведенного вещества



Оценка за контрольный опрос

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	2	2	1	5

Контрольная работа по содержанию раздела 2

Вариант №1

1. Отличие зажигания от самовоспламенения. Чем характеризуется зажигание ?
2. Оценка основных величин при зажигании: зона химической реакции, зона прогрева. Средний градиент температуры в зоне прогрева и в зоне реакции. Запас тепла в прогревом слое, задержка воспламенения.
3. Рассчитать задержку воспламенения баллистического пороха потоком тепла 100 кал/см² сек, если $\lambda c \rho \sim 4 \cdot 10^{-4}$ кал²/см⁴ K² сек, $T_s - T_0 \sim 400$ K.

Вариант №2

1. Экспериментальные методы определения задержки воспламенения.
2. Переход от воспламенения к зажиганию. Несимметричное воспламенение. Оценка основных величин в тепловой волне: зона химической реакции, зона прогрева. Средний

- градиент температуры в зоне прогрева и в зоне реакции.
3. Рассчитать задержку воспламенения твердого ракетного топлива потоком тепла 250 кал/см² сек, если $\lambda c\rho \sim 4 \cdot 10^{-4}$ кал²/см⁴ К² сек, $T_S - T_0 \sim 500$ К

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	5	5	5	15

Контрольный опрос по содержанию раздела 4

Вариант №1

1. Формула Зельдовича – Франк-Каменецкого в общем виде.
2. Распределение температуры по Михельсону при горении газов. Ширина прогретого слоя.
3. Двухстадийное горение. Лимитирующая реакция при слитном и раздельном режимах. Ширина темной зоны.

Вариант №2

4. Коэффициент чувствительность скорости горения к изменению начальной температуры.
5. Распределение температуры по Михельсону при горении легкокипящих веществ. Ширина газового пламени.
6. Как учитывается тепловыделение в к-фазе по механизму горения с ведущей реакцией в газовой фазе и со слабозкотермичной реакцией в к-фазе?

Оценка за контрольный опрос

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	2	2	1	5

Контрольная работа по содержанию разделов 6, 7

Вариант №1

1. Чувствительность к внешним воздействиям. Мера чувствительности, начальные импульсы, энергия импульса, избирательность чувствительности к различным импульсам.
2. Условия возбуждения взрыва кристаллических ВВ при низкоскоростных ударных воздействиях.
3. Какое из определений полной работы взрыва является правильным:
 - а) работа взрыва, отнесенная к единице массы ВВ;
 - б) сумма всех работ, произведенных взрывом;
 - в) максимальная работа, которую могут совершить газы взрыва при условии, что в механическую работу превращается без остатка вся их внутренняя энергия.

Вариант №2

1. Возбуждение взрыва при вязкопластичном течении. Особенности определения чувствительности вязко-текучих ЭМ к удару на копре К-44-П.
2. Экспериментальные методы определения чувствительности ВВ к тепловому воздействию.
3. Какие из перечисленных форм работы относятся к общим формам работы взрыва:

- а) интенсивное дробление и сильнейшая пластическая деформация среды, непосредственно примыкающей к заряду, и оболочки, если заряд находился в оболочке;
- б) сжатие, пластическая деформация, разрушение и дробление среды, не примыкающей непосредственно к заряду, но находящейся вблизи от него;
- в) образование и распространение в грунте упругих (сейсмических) волн. Выброс части грунта и образование воронки выброса (если заряд не слишком углублен в грунт);
- г) образование и распространение воздушных ударных волн (если заряд достаточно близок к поверхности грунта).

Оценка за контрольную работу

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	5	4	1	10

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения лабораторного практикума

Для контроля выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Химическая физика энергонасыщенных» в 8 семестре учебным планом подготовки предусмотрен зачет. Итоговая оценка складывается из оценок, полученных при защите лабораторных работ. Защита лабораторных работ проходит в форме контрольных опросов (КО).

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 100 баллов:

КО	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	Σ
Баллы	14	12	12	12	14	12	12	12	100

Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

- Задачи и общие принципы исследования механизма термораспада ЭМ.
- Методы исследования кинетики термического разложения ЭМ: изотермический с помощью стеклянного компенсационного манометра или термогравиметрии, неизотермический с помощью ДТГ, ДСК.
- Получение с помощью этих методов кинетических параметров разложения энергетических материалов: энергия активации и предэкспоненциального множителя.
- Влияние температуры на константу скорости термораспада ЭМ.
- Глубина превращения ЭМ. Влияние агрегатного состояния на скорость распада ЭМ.
- Реакции в газовой фазе. Роль гетерогенных процессов. Влияние обратимости реакций распада на кинетические параметры.
- Реакции в жидкой фазе. Автокатализ. Расчет гарантийного срока хранения ЭМ по полученным кинетическим данным.
- Химическое равновесие в продуктах горения и взрыва.
- Расчет состава и термодинамических характеристик продуктов горения и взрыва.
- Расширение продуктов детонации конденсированных ЭМ.
- Экспериментальное измерение теплоты горения и взрыва.
- Определение теплоты взрыва по Де Поу. Термохимический коэффициент.

13. Гидродинамическая теория детонации. Правило отбора Чепмена-Жуге.
14. Детонация Чепмена-Жуге в идеальном газе.
15. Стационарная детонация конденсированных ВВ. Теория Ландау-Станюковича.
16. Скорость детонации, зависимость от плотности ВВ.
17. Методы определения скорости детонации.
18. Методы исследования процессов горения энергонасыщенных материалов – определение скорости горения при различном давлении, термопарный метод исследования структуры волны горения, исследование температурной чувствительности скорости горения, использование ИК-, УФ- и ЯМР-спектроскопии и хроматографических методов для количественного анализа продуктов горения.
19. Основные понятия и величины, используемые в этих методах.
20. Основные модели горения энергетических материалов: горение с ведущей реакцией в газовой и конденсированной фазах.
21. Методика приготовления образцов для исследования. Проведение эксперимента. Интерпретация получаемых профилей волны горения.
22. Виды механических воздействий на ВВ.
23. Механизм возникновения взрыва при ударе и трении: тепловая и нетепловая теории, пути образования очагов возгорания.
24. Влияние на чувствительность ВВ внешних факторов: температуры, механических примесей.
25. Влияние на чувствительность химических свойств ВВ: химической структуры, числа заместителей и их расположения в молекуле.
26. Влияние на чувствительность ВВ физических характеристик ВВ: размеры кристаллов, агрегатное состояние, полиморфная форма, плотность.
27. Экспериментальные методы оценки чувствительности ВВ к механическим воздействиям: чувствительность к удару ВВ на копре К-44-П, сущность методики; чувствительность к удару ИВВ на копре К-44-И; чувствительность к трению на приборе К-44-П.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» в качестве итогового контроля освоения теоретических разделов по дисциплине "Химическая физика энергонасыщенных материалов" в 7 семестре предусмотрен экзамен. Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 2 вопроса. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр)

1. Процесс взрывчатого превращения: основные формы, условия протекания химической реакции в форме взрывчатого превращения.
2. Общая характеристика энергетических материалов: области применения, классификация, требования, предъявляемые к ЭМ.
3. Получение интегральных кинетических уравнений реакций нулевого, первого и второго порядков. Период полупревращения реакций первого порядка.
4. Глубина превращения η . Характерное время реакции. Гарантийный срок хранения. Стабильность ЭМ и способы ее увеличения.

5. Уравнение Аррениуса, физический смысл предэкспоненциального множителя для реакций первого и второго порядков. Методология исследования стойкости веществ.
6. Влияние агрегатного состояния на закономерности термического разложения ЭМ.
7. Линейный автокатализ или автокатализ 1 порядка. Максимум скорости при автокатализе.
8. Термический распад алифатических нитросоединений.
9. Термический распад ароматических нитросоединений.
10. Термический распад нитроэфиров.
11. Термический распад азотной кислоты. Термический распад хлорной кислоты
12. Термический распад N-нитраминов.
13. Термический распад полиазотистых соединений: азидов, тетразолов, фуразанов и фуроксанов.
14. Термический распад нитрата аммония.
15. Термический распад перхлората аммония.
16. Термический распад динитрамида аммония.
17. Термический распад нитроформата гидразина.
18. Адиабатический тепловой взрыв. Максимальная скорость реакции, обратный максимальный безразмерный разогрев. Период индукции.
19. Теория теплового взрыва по Н.Н. Семенову (Тепловой взрыв в условиях теплообмена). Различие между адиабатическим "тепловым взрывом" и тепловым взрывом в условиях теплообмена. Критерии.
20. Применение критериев теплового взрыва. Расчет температуры вспышки.
21. Тепловой взрыв в условиях кондуктивного теплообмена (путем теплопроводности). Критерий Д. А. Франк-Каменецкого. Различие между тепловым взрывом в условиях теплообмена по Н.Н.Семенову и Д.А.Франк-Каменецкому.
22. Переход от воспламенения к зажиганию. Несимметричное воспламенение.
23. Воспламенение полубесконечного заряда. Зажигание.
24. Оценка основных величин при воспламенении: зона химической реакции, зона прогрева Средний градиент температуры в зоне прогрева и в зоне реакции Запас тепла в прогретом слое, задержка воспламенения.
25. Практические приложения теории воспламенения. Задержка воспламенения Экспериментально методы определения задержки воспламенения.
26. Основные уравнения теории горения: закон сохранения массы, закон сохранения энергии, уравнение Фурье, подобие полей концентраций по температуре в пламени.
27. Пренебрежение начальной скоростью реакции и метод разложения экспоненты по Д.А. Франк-Каменецкому.
28. Горение газов и летучих взрывчатых веществ.
29. Двухстадийное горение.
30. Горение взрывчатых веществ с тепловыделением в конденсированной фазе.
31. Влияние давления на скорость горения конденсированных систем.
32. Влияние начальной температуры на скорость горения конденсированных систем.
33. Методы определения скорости горения конденсированных систем.
34. Пределы распространения пламени. Критический диаметр. Концентрационные пределы.
35. Тепловая неустойчивость горения.
36. Гидродинамическая неустойчивость горения.
37. Газодинамическая неустойчивость горения.
38. Уравнение состояния: идеального газа, реального газа, Нобля-Абея, Ми-Грюнайзена. Области применения.
39. Уравнения сохранения для стационарных волн. Основные соотношения для волн сжатия в инертном веществе.
40. Волны в экзотермически реагирующем веществе. Детонация и дефлаграция.

41. Качественные отличия между детонацией и дефлаграцией. Предельная скорость горения.
42. Термохимия ЭМ: химическое равновесие в продуктах горения и взрыва, принцип расчета состава и термодинамических характеристик продуктов горения и взрыва.
43. Определение теплоты взрыва по Де Поу. Термохимический коэффициент. Экспериментальное измерение теплоты горения и взрыва.
44. Термодинамические характеристики продуктов взрыва при высоком давлении, Расширение продуктов детонации конденсированных ЭМ.
45. Гидродинамическая теория детонации. Правило отбора Чепмена-Жуге.
46. Детонация Чепмена-Жуге в идеальном газе. Сравнение теории и эксперимента.
47. Неустойчивость детонационного фронта. Спиновая детонация. Структура фронта детонационной волны.
48. Ударные адиабаты. Экспериментальные методы определения ударных адиабат.
49. Возбуждение реакции. Температура ударного разогрева, принцип расчета с использованием ударных адиабат.
50. Уравнение состояния вещества при сверхвысоких давлениях: с использованием ударно волновых измерений; теории кристаллической решетки; в пренебрежении тепловой составляющей давления.
51. Теория стационарной детонации конденсированных ВВ.
52. Скорость детонации. Зависимость от плотности. Экспериментальные методы определения скорости детонации.
53. Влияние диаметра заряда на скорость детонации. Разброс вещества из зоны реакции.
54. Критический диаметр детонации. Принцип Харитона. Критический диаметр в случае гомогенного и баллистического механизма взрывчатого превращения.
55. Влияние природы ЭМ, физических факторов и условий взрыва на величину критического диаметра. Экспериментальное определение критического диаметра детонации.
56. Низкоскоростной детонационный режим. Механизм распространения НСР в различных энергетических материалах (жидких, порошкообразных, высокоплотных).
57. Переход горения в детонацию (ПГД). Общая схема, газовый «поршневой механизм ПГД. Причины нарушения устойчивого послойного горения. ПГД в конденсированных ВВ.
58. Инициирование взрывчатого превращения в результате тепловых воздействий. Чувствительность энергетических материалов к тепловой нагрузке, методы определения.
59. Инициирование взрывчатых превращения под воздействием механических импульсов. Чувствительность ЭМ к удару и трению, методы определения.
60. Чувствительность ЭМ к динамическим воздействиям. Точечное инициирование, инициирование плоской ударной волной, передача детонации на расстояние. Методы определения.
61. Общие положения о работе взрыва: удельная работа взрыва, формы работы при взрыве, полная работа, КПД взрыва, потенциал ВВ, работоспособность ВВ, тротиловой эквивалент.
62. Формы работы и баланс энергии при взрыве.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и примеры экзаменационных билетов

Экзамен по дисциплине «Химическая физика энергонасыщенных материалов» проводится в 7 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки

40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй – 20 баллов.

Пример экзаменационного билета.

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Химическая физика энергонасыщенных материалов»
Билет № 1 1. Механизм разложения ароматических нитросоединений. 2. Волны в экзотермически реагирующем веществе. Детонация и дефлаграция.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Серушкин В. В., Синдицкий В. П. Детонация газовых смесей и конденсированных взрывчатых веществ: учебное пособие - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020, 120 с.
2. Колесов В. И., Серушкин В. В. Определение взрывчатых характеристик энергетических материалов: учебное пособие - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020, 108 с.
3. Андреев В. В., Гуськов А. В., Милевский К. Е., Слесарева Е. Ю. Теория горения и взрыва: высокоэнергетические материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2017, 323 с. Режим доступа: <https://urait.ru/book/teoriya-goreniya-i-vzryva-vysokoenergeticheskie-materialy-492032>.
4. К.К. Андреев, А.Ф. Беляев "Теория ВВ", М., "Оборонгиз", 1963 (базовый учебник).

Б. Дополнительная литература:

1. Серушкин В.В., Синдицкий В.П. Термодинамика процессов горения и детонации. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2012, 112 с.
2. Синдицкий В.П., Серушкин В.В. Термическое разложение энергетических материалов. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2012, 152 с.
3. Андреев В. В., Гуськов А. В., Милевский К. Е., Слесарева Е. Ю. Теория горения и взрыва: высокоэнергетические материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2017, 323 с. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/teoriya-goreniya-i-vzryva-vysokoenergeticheskie-materialy-437947>

4. Синдицкий В.П., Егоршев В.Ю., Березин М.В., Серушкин В.В. Методы исследования горения энергетических материалов. Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2010, 104 с.
5. Илюшин, М.А., Савенков Г.Г., Мазур А.С. Промышленные взрывчатые вещества [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018, 200 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107912>.
6. Манелис Г.Б., Назин Г.М., Рубцов Ю.И., Струнин В.А. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ и порохов. -М., Наука, 1996, 223с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_524#1
7. Б.Н. Кондриков "Химическая термодинамика горения и взрыва." МХТИ, 1980, 80 стр.
8. Б.Н. Кондриков "Детонация." МХТИ, 1980, 80 стр.
9. К.К. Андреев. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ. - М.: Наука, 1966, 346с.
10. Д.А. Франк-Каменецкий. "Диффузия и теплопередача в химической кинетике." М., "Наука", 1987, 491 стр.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

Физика горения и взрыва. ISSN: 0430-6228
 Химическая физика. ISSN (print): 0207-401X
 Горение и взрыв. ISSN: 2305-9117
 Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087
 Journal of Energetic Materials. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822
 Thermochimica Acta. ISSN: 0040-6031
 Combustion and Flame. ISSN: 0010-2180
 International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678
 Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

компьютерные презентации интерактивных лекций – 24, (общее число слайдов – 350);

банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 60);

банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50);

учебные фильмы – 4 («Измерение скорости детонации», «Определение чувствительности к удару», «Определение чувствительности к трению», «Определение чувствительности к электрическому разряду»).

Для проведения лабораторных занятий используются оборудование, экспериментальные установки, компьютеры и программное обеспечение кафедр ХТОСА и ХТВМС.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);
- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);
- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Химическая физика энергонасыщенных материалов» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Для проведения лабораторного практикума используется оборудование, приборы и экспериментальные установки кафедры:

- установки для определения термической стойкости, химической и термодинамической совместимости энергонасыщенных материалов 1) изотермические установки с манометрами типа «Бурдон» в комплекте с термостатами, вакуумными

установками, измерительными ртутными манометрами; 2) ДСК/ТГА/ДТА анализатор Mettler Toledo, ДСК DTAS 1300; 3) лабораторные установки для определения температуры вспышки;

- установки для исследования процессов горения энергонасыщенных материалов:

1) установка (бомба) постоянного давления БПД-400 с окнами для оптической регистрации процесса горения, компрессоры высокого давления, манометры, датчики давления тензометрические; высокоскоростные цифровые видеокамеры; 2) оборудование для определения распределения температуры в волне горения ЭМ с помощью микротермопар, включающее установку для сварки термопар, вальцы для прокатывания термопар, набор прессинструментов для внедрения микротермопар в заряды ЭМ, регистрирующую аппаратуру (цифровой запоминающий 12 разрядный осциллограф АСД-212, компьютер) и программное обеспечение для обработки и анализа данных;

- установка для исследования процессов детонации топлив и высокоэнергетических веществ: взрывные камеры с возможностью подрыва до 100 г. взрывчатого вещества в тротиловом эквиваленте, электромагнитная методика определения параметров детонации в комплекте с регистрирующей аппаратурой (цифровой запоминающий осциллограф, компьютер, программное обеспечение);

- установки для определения термохимических свойств ЭМ: 1) «бомба Бихеля» для определения продуктов и теплоты взрывчатого превращения; 2) калориметрическая бомба и калориметр В-08М для определения теплоты сгорания, энтальпии образования, теплоты взрывчатого превращения, состава продуктов взрывчатого превращения; 3) газовый хроматограф для определения состава продуктов сгорания/взрывчатого превращения;

- установки для определения чувствительности энергонасыщенных материалов к различным внешним воздействиям: копры К-44-II и К-44-I для определения чувствительности к удару; копер К-44-III для определения чувствительности к трению.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

Учебные фильмы по определению чувствительности ЭМ к внешним воздействиям.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копируемые аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: конспекты лекций в электронном виде, электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEditi	Контракт № 28-35ЭА/2020 от	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
	оп	26.05.2020			образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение	<i>Знает</i> - основные понятия, определения, классификацию, области применения, основные представители ЭМ; - основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений; - классификацию энергонасыщенных материалов и изделий с точки зрения промышленной безопасности, транспортировки, хранения, применения, основную номенклатуру материалов и изделий.	Оценка за экзамен.
Раздел 1. Основы химической кинетики термического распада энергонасыщенных	<i>Знает:</i> - количественную теорию возникновения и развития самораспространяющихся физико-химических процессов горения и	Оценка за контрольный опрос; оценка за защиту лабораторной работы; оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
материалов	детонации, перехода горения в детонацию; - химические, физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики основных представителей индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов; <i>Умеет:</i> теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; - навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений.	
Раздел 2. Теплофизика экзотермических химических превращений	<i>Знает:</i> - количественную теорию возникновения и развития самораспространяющихся физико-химических процессов горения и детонации, перехода горения в детонацию; <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий.	Оценка за расчетную работу; оценка за контрольную работу; оценка за защиту лабораторной работы; оценка за экзамен.
Раздел 3. Термодинамика физико-химических волн	<i>Знает:</i> - количественную теорию возникновения и развития самораспространяющихся физико-химических процессов горения и детонации, перехода горения в детонацию; - современные представления о методах расчета и создания новых соединений и	Оценка за расчетную работу; оценка за защиту лабораторной работы; оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; - навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений.	
Раздел 4. Теория горения	<i>Знает:</i> - количественную теорию возникновения и развития самораспространяющихся физико-химических процессов горения и детонации, перехода горения в детонацию; - современные представления о методах расчета и создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; - химические, физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики основных представителей индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов. <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; - навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений.	Оценка за контрольный опрос; оценка за защиту лабораторной работы; оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 5. Теория детонации	<i>Знает:</i> - количественную теорию возникновения и развития самораспространяющихся физико-химических процессов горения и детонации, перехода горения в детонацию; - современные представления о методах расчета и создания новых соединений и составов с заданными физико-химическими, взрывчатыми, механическими и другими специальными свойствами; - химические, физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики основных представителей индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов; <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; - навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений.	Оценка за расчетные работы; оценка за защиту лабораторной работы; оценка за экзамен.
Раздел 6. Возбуждение взрывчатого превращения	<i>Знает:</i> - количественную теорию возникновения и развития самораспространяющихся физико-химических процессов горения и детонации, перехода горения в детонацию; - химические, физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики основных представителей индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов;	Оценка за контрольную работу; оценка за защиту лабораторной работы; оценка за экзамен.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> - методиками расчета и экспериментального определения взрывчатых характеристик и специальных свойств энергонасыщенных материалов и изделий; - навыками экспериментальной работы по исследованию энергонасыщенных соединений.	
Раздел 7. Разрушающее действие взрыва	<i>Знает:</i> - основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений; - классификацию энергонасыщенных материалов и изделий с точки зрения промышленной безопасности, транспортировки, хранения, применения, основную номенклатуру материалов и изделий; - химические, физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики основных представителей индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов.	Оценка за контрольную работу; оценка за экзамен.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Химическая физика энергонасыщенных материалов»
основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Химия гетероциклических соединений азота»

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,
Рудаковым Г.Ф.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
3. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	7
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	7
4.2. Содержание разделов дисциплины.....	10
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
6. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	14
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	14
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения теоретических разделов дисциплины.....	15
8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения лабораторного практикума	18
8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины	19
8.4. Структура и пример экзаменационных билетов	20
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	21
9.1. Рекомендуемая литература.....	21
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации	21
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	22
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	22
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	22
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:.....	23
11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	23
11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	23
11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения	23
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ	24
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	26

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВО) высшего образования подготовки специалистов по специальности 18.05.01 – «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий», специализации №1 «Химия и технология органических соединений азота», рекомендаций методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Дисциплина «Химия гетероциклических соединений азота» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Б1.В.04. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Изучение предмета базируется на знании общетеоретических дисциплин органической, физической химии, а также профилирующей дисциплины «Химия энергонасыщенных соединений». В ходе обучения студенты приобретают навыки работы в лаборатории по синтезу энергоемких азотсодержащих гетероциклов и работы с научной информацией по этой специализации.

Знания, полученные при изучении дисциплины, являются основой для последующего изучения студентами специальных дисциплин «Научно-исследовательский практикум» и выполнения выпускной квалификационной работы.

Цель дисциплины «Химия гетероциклических соединений азота» – ознакомление с общими принципами построения энергоемких азотсодержащих гетероциклов (ЭАГ), их физических и химических свойств, а также особенностями использования ЭАГ в военных и мирных целях.

Основные задачи дисциплины:

- сформировать четкие представления о путях создания гетероциклических энергонасыщенных соединений, их структуре и свойствах;
- дать представления о перспективных направлениях поиска новых энергоемких материалов гетероциклического ряда, отвечающих современным требованиям.

Цель и задачи дисциплины достигаются с помощью ознакомления обучающихся:

1. с основными теоретическими принципами конструирования энергонасыщенных материалов на основе азотсодержащих гетероциклов и требованиями к таким материалам различного назначения;
2. с современным состоянием химии полиазотистых гетероциклических соединений;
3. с теоретическими основами процессов нитрования азотсодержащих гетероциклических соединений и специальными разделами химии полиазотистых гетероциклов;
4. с особенностями введения эксплозофорных групп в азотсодержащие гетероциклы разных классов;
5. со стратегией поиска новых энергоемких гетероциклов, отвечающих современным требованиям;
6. с практическими навыками получения перспективных полиазотистых структур пригодных для использования в различных научно-технических областях.

Дисциплина «Химия гетероциклических соединений азота» преподается в 7 семестре. Дисциплина включает лекции и лабораторный практикум. Учет успеваемости обучающихся ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Химия гетероциклических соединений азота» направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции; контроль над соблюдением	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения	26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: разработки, проектирования, наладки, эксплуатации и совершенствования средств, методов получения и способов применения энергонасыщенных материалов и изделий; промышленного и опытного производства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов, исходных и промежуточных продуктов для их получения; промышленного и опытного производства изделий на основе энергонасыщенных материалов; эксплуатации и хранения энергонасыщенных материалов; надзора в области промышленной безопасности при получении и использовании энергонасыщенных материалов и изделий).

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
технологической дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.			нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов. ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. научно-технической информации и результатов исследований.

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

Знать:

- основные принципы создания новых энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов;
- основные методы получения и требования к исходным продуктам;
- теоретические основы процессов нитрования, окисления и азидирования азотсодержащих гетероциклов;

Уметь:

- прогнозировать эффективные пути синтеза энергоемких гетероциклических соединений;
- оценивать химические и энергетические свойства новых энергонасыщенных материалов;

Владеть:

- практическими навыками получения энергонасыщенных гетероциклов в лабораторных условиях;
- современной научно-технической информацией по получению и физико-химическим свойствам энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов;

3. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	5	180	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	1.8	64	48
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.78</i>	<i>28</i>	<i>21</i>
Лекции	0.9	32	24
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0.9	32	24
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0.78</i>	<i>28</i>	<i>21</i>
Самостоятельная работа	2.2	80	60
Контактная самостоятельная работа	2,2	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		80	60
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену		35,6	26,7
Вид контроля:		экзамен	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Лаб. работа	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Раздел 1 Введение. Основные положения	21	6			15
1.1	Место нитропроизводных азотсодержащих гетероциклов в ряду энергоемких материалов и биологически активных веществ. Основные понятия о взаимном влиянии природы гетероатома и кольца на реакционную способность соединений. Ароматичность азотистых гетероциклов.	5	2			3

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Лаб. работа	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.2	Номенклатура гетероциклических соединений. Заместительная и тривиальная номенклатура. Система Ганча-Видмана в применении к азотистым гетероциклам. Особенности номенклатуры полициклических соединений.	9	2			7
1.3	Общие принципы синтеза гетероциклических соединений. Понятие о реакциях гетероциклизации. Классификация реакций циклоприсоединения и электроциклических реакций на примере синтеза азотсодержащих соединений. Реакции конденсации в синтезе азотистых гетероциклов.	7	2			5
	Раздел 2 Насыщенные азотсодержащие гетероциклы	33	6	12	10	15
2.1	Азиридины и азетидины - как потенциальные источники в синтезе энергоемких соединений. Строение, основные способы получения и химические свойства. Особенности протекания реакции нитрования замещенных азиридинов. Синтез энергоемких материалов в ряду 3-нитроазетидина.	7	2			5
2.2	Методология синтеза моно- и полициклических нитраминов. Синтез и реакционная способность циклических нитромочевин. Влияние кислотности среды на направление и скорость нитрования.	19	2	12	10	5
2.3	Современные представления о способах синтеза каркасных, полиэдрических энергоемких соединений. Нитро производные азаадамантанов и азаизовюрцитанов.	7	2			5
	Раздел 3 Азолы	42	12			30
3.1	Пирролы. Строение, химические свойства и основные способы получения. Особенности нитрования, влияние строения и состава нитрующей смеси на направление реакции.	7	2			5
3.2	Диазолы (пиразол, имидазол). Основные методы получения, строение и химические свойства. Особенности реакции нитрования, влияние строения и нитрующей смеси на направление. Синтез энергоемких материалов в ряду пиразола и имидазола.	7	2			5

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лекции	Лаб. работа	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
3.3	Триазолы (1,2,3- и 1,2,4-). Строение, методы получения, физические и химические свойства. Особенности синтеза нитротриазолов. Основные представители энергонасыщенных триазолов.	7	2			5
3.4	Бензо[1.2.3]триазолы и тетраазапенталены. Основные подходы к построению аннелированных гетероциклов. Влияние строения на термическую стабильность полиазотистых соединений.	7	2			5
3.5	1,2,5-Оксадиазолы. Получение и химические свойства фуразанов и фуроксанов. 1,2,5-Оксадиазолы в синтезе энергоемких материалов.	7	2			5
3.6	Тетразолы и пентазолы. Строение, синтез и химические свойства. Азидотетразольная таутомерия, перегруппировка Димрота. Особенности синтеза энергоемких материалов в ряду тетразола.	7	2			5
	Раздел 4 Азины	48	8	20	18	20
4.1	Пиридины. Синтез, строение и химические свойства. Особенности нитрования. Синтез энергоемких пиридинов.	7	2			5
4.2	Диазины. Строение и химические свойства. Основные способы получения пиридазинов, пиримидинов и пиразинов. Особенности введения нитро группы в структуру гетероцикла. Синтез энергоемких материалов в ряду диазинов.	7	2			5
4.3	Триазины. Синтез, строение и химические свойства. Особенности введения нитро группы в структуру триазинов. Синтез ЭМ в ряду триазинов.	7	2			5
4.4	Тетразины. Синтез, строение и химические свойства. Получение энергоемких материалов на основе 1,2,4,5-тетразина. Азолотетразины в синтезе энергонасыщенных соединений и биологически-активных веществ. 1,2,3,4-Тетразин-ди-N-оксиды как новый класс энергоемких соединений. Стратегия синтеза, современные представления о механизме циклизации, физические и химические свойства.	27	2	20	18	5
	ИТОГО	144	32	32	28	80
	Экзамен	36				
	ИТОГО	180				

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение. Основные положения.

1.1 Место нитропроизводных азотсодержащих гетероциклов в ряду энергоемких материалов и биологически активных веществ. Связь строения энергонасыщенных азотистых гетероциклов с областью применения. Основные понятия о взаимном влиянии природы гетероатома и кольца на реакционную способность соединений. Ароматичность азотистых гетероциклов.

1.2 Номенклатура гетероциклических соединений.

Заместительная и тривиальная номенклатура. Правила нумерации и обозначение насыщенности гетероциклических соединений. Выбор карбоциклического аналога гетероцикла. Особенности номенклатуры спироциклических, мостиковых и полиэдрических гетероциклов.

Система Ганча-Видмана в применении к моноциклическим и конденсированным азотистым гетероциклам. Префиксы и корни как основа для названия моноциклического соединения. Алгоритм выбора старшего гетероцикла.

Указание места сочленения циклов. Нумерация атомов в конденсированной системе.

1.3 Общие принципы синтеза гетероциклических соединений. Понятие о реакциях гетероциклизации. Классификация реакций циклоприсоединения и электроциклических реакций на примере синтеза азотсодержащих соединений. Реакции конденсации в синтезе азотистых гетероциклов.

Раздел 2. Насыщенные азотсодержащие гетероциклы.

2.1 Азиридины и азетидины - как потенциальные источники в синтезе энергоемких соединений.

Строение и основные способы получения. Экзо-тет реакции, [2+1] и [2+2] циклоприсоединение. Механизм реакции Мицунобу.

Химические свойства. Реакции протекающие с раскрытием, с сохранением и расширением цикла. Особенности нитрования замещенных азиридинов. Методы получения C- и N-нитроазиридинов и нитроазетидинов.

Применение азиридинов в синтезе энергоемких материалов. Получение полифункциональных энергонасыщенных материалов в ряду 3-нитроазетидина.

2.2 Методология синтеза моно- и полициклических нитраминов.

Определяющая роль механизма реакции N-нитрования в выборе способа получения циклических N-нитроаминов. Варианты снижения основности насыщенных гетероциклов и выбор нитрующей системы. Каталитическое нитрование. Нитролиз третичных аминов в синтезе энергонасыщенных соединений. Современный взгляд на механизм нитрования уротропина.

Методы получения и применение в органическом синтезе циклических нитромочевин. Влияние кислотности среды на глубину и скорость нитрования. Гидролиз циклических нитромочевин как эффективный способ синтеза вицинальных ди(нитраминов).

2.3 Современные представления о способах получения каркасных, полиэдрических энергоемких соединений.

Стратегия синтеза C- и N-нитроазаадамантанов. Особенности получения и применение нитропроизводных азаизовюрцитана и его оксоаналогов.

Раздел 3. Азолы.

3.1 Пирролы.

Строение, химические свойства и основные способы получения. Методы Кнорра, Ганча, Пааля-Кнорра, Кеннера и Бартона-Зарда.

Особенности нитрования замещенных пирролов, влияние строения и состава нитрующей смеси на направление реакции. Нитрометан, нитромалоновый альдегид, 2,3,3-

тринитропропаналь, нитроалкены и нитроенамины как структурные единицы в косвенных методах получения нитропирролов.

Синтез и свойства энергонасыщенных полинитропирролов.

3.2 Диазолы (пиразол, имидазол).

Основные методы получения, строение и химические свойства. Прототропная таутомерия, взаимодействие с электрофилами. Особенности реакции нитрования, влияние строения и нитрующей смеси на направление процесса. Термическая перегруппировка N-нитродиазолов.

Специфические методы получения нитродиазолов. Нитролиз литийорганических соединений, ипсо-нитрование, реакция Гаттермана-Зандмейера, окисление аминодиазолов. Реакции гетероциклизации в синтезе нитродиазолов.

Методы получения энергоемких материалов в ряду пиразола и имидазола.

3.3 Триазолы (1,2,3- и 1,2,4-).

Строение, методы получения, физические и химические свойства. Прототропная таутомерия, перегруппировка Димрота, взаимодействие с электрофилами. Проблема региоселективности при получении замещенных 1,2,3-триазолов.

Особенности синтеза нитротриазолов. Влияние строения на возможность протекания C-нитрования. Методы получения замещенных нитро-1,2,3-триазолов. Перегруппировка N-нитро-1,2,4-триазолов как способ получения C-нитро-1,2,4-триазолов. Косвенные методы введения нитрогруппы в структуру триазола.

Синтез и свойства основных представителей энергонасыщенных триазолов..

3.4 Бензо[1.2.3]триазолы и тетразапенталены.

Строение, методы получения, изомерия. Особенности нитрования. Реакция дезоксигенирования нитрогруппы соединениями трехвалентного фосфора как эффективный способ построения изомерных бензотетразапенталенов.

Синтез ЭМ в ряду бензотриазола и тетразапенталенов. Влияние строения гетероциклов на термическую стабильность.

3.5 1,2,5-Оксадиазолы.

Строение, методы получения и химические свойства фуразанов и фуроксанов. Дегидратация и окисление глиоксимов. Дезоксигенирование фуроксанов. Димеризация нитрилоксидов. Термолиз о-нитро(нитрозо)азидобензолов.

Реакции протекающие с сохранением и раскрытием цикла. Восстановление, термолиз, перегруппировка Болтона-Катрицкого, Бейрутская реакция. Особенности окисления и нитрования amino-1,2,5-оксадиазолов.

1,2,5-Оксадиазолы в синтезе энергоемких материалов.

3.6 Тетразолы и пентазолы.

Строение, синтез и химические свойства. Основные методы получения моно- и дизамещенных тетразолов. Изомерия, азидотетразольная таутомерия, перегруппировка Димрота. Реакции протекающие с сохранением цикла и сопровождающиеся экструзией азота. Взаимодействие с электрофилами. Нитрование фенилтетразолов. Методы получения и реакционная способность 5-аминотетразола. Особенности синтеза энергоемких материалов в ряду тетразола.

Механизм образования замещенных пентазолов. Строение и методы получения солей пентазола.

Раздел 4. Азины.

4.1 Пиридины.

Синтез, строение и химические свойства пиридина. Механизм реакции нуклеофильного замещения (S_NAr и $ANRORC$). Взаимодействие с электрофилами. Особенности нитрования замещенных пиридинов. Механизм нитрования азотным ангидридом в присутствии SO_2 . Методы получения энергоемких пиридинов.

4.2 Диазины.

Строение и химические свойства. Основные способы получения пиридазинов, пиримидинов и пиразинов.

Реакции с нуклеофилами (ANRORC) и электрофилами. Особенности введения нитро группы в структуру диазинов. Влияние строения пиримидинов на протекание реакции нитрования и выбор нитрующей системы.

Синтез энергоемких материалов в ряду диазинов.

4.3 Триазины.

Строение и основные методы получения 1,2,3-, 1,2,4- и 1,3,5-триазинов. Методы получения нитротриазинов. Окисление amino-1,2,4-триазинов, озонолиз азидо-, гидроксиламино- и нитрозо-1,3,5-триазинов. Реакции гетероциклизации в синтезе нитротриазинов.

Методы получения энергоемких триазинов. Место цианурхлорид и меламина синтезе ЭМ.

4.4 Тетразины.

Строение, химические свойства и основные методы получения 1,2,4,5-тетразинов. Окислительно-восстановительные свойства тетразинов. Реакция Карбони-Линдсей и взаимодействие с карбенами. Нуклеофильное замещение в синтезе несимметрично замещенных тетразинов. Особенности окисления и нитрования amino-1,2,4,5-тетразинов. Синтез моно- и дизамещенных 1,2,4,5-тетразинов.

Получение энергоемких материалов на основе 1,2,4,5-тетразина. Азолотетразины в синтезе энергонасыщенных соединений и биологически-активных веществ.

Методы получения 1,2,3,4-тетразинов. 1,2,3,4-Тетразин-ди-N-оксиды как новый класс энергоемких соединений. Стратегия синтеза, современные представления о механизме циклизации, физические и химические свойства.

Некоторые представители аннелированных азоло-1,2,3,5-тетразинов. Синтез и применение в качестве биологически-активных соединений и энергонасыщенных материалов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы			
	1	2	3	4
Знать:				
основные принципы создания новых энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов	+	+	+	+
основные методы получения и требования к исходным продуктам		+	+	+
теоретические основы процессов нитрования, окисления и азидирования азотсодержащих гетероциклов		+	+	+
Уметь:				
прогнозировать эффективные пути синтеза энергоемких гетероциклических соединений	+			
оценивать химические и энергетические свойства новых энергонасыщенных материалов	+	+	+	+
Владеть:				
практическими навыками получения энергонасыщенных гетероциклов в лабораторных условиях	+	+	+	+
современной научно-технической информацией по получению и		+	+	+

физико-химическим свойствам энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов					
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Разделы			
		1	2	3	4
ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов;	+	+	+	+
	ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов;	+	+	+	+

	ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов		+	+	+

6. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторный практикум по дисциплине «Химия гетероциклических соединений азота» выполняется в соответствии с Учебным планом в 7 семестре и занимает 32 акад. ч. Лабораторные работы охватывают 2 раздела дисциплины. В практикум входит 7 работ, примерно по 4-5 ч. на каждую работу. В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Химия гетероциклических соединений азота». Лабораторные работы проводятся под руководством преподавателей и направлены на приобретение навыков экспериментальной работы по синтезу энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов.

Лабораторный практикум завершается контрольным опросом. Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 12 баллов. Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
2.2	1. Синтез 1,4-динитрогликольурилы	4
	2. Синтез 1,3,5,5-тетранитрогексагидропиримидина	4
	3. Синтез 3,5,5-тринитротетрагидро-1,3-оксазина	4
4.4	1. Синтез 3,6-бис(3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил)-1,2-дигидро-1,2,4,5-тетразина	5
	2. Синтез 3,6-бис(3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил)-1,2,4,5-тетразина	5
	3. Синтез 3-(3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил)-6-гидразино-1,2,4,5-тетразина	5
	4. Синтез 3-(3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил)-1,2,4-триазоло[4,3-b][1,2,4,5]тетразина	5

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Химия гетероциклических соединений азота» предусмотрена самостоятельная работа студента специалитета в объеме 80 ч. в 7 семестре плюс 36 ч. (подготовка к экзамену). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

Форма самостоятельной работы	Объем часов
Подготовка к контрольным работам	30
Подготовка к лабораторным работам	20
Анализ и усвоение лекционного материала	15
Работа с учебной и научной литературой	15

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения теоретических разделов дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 4 контрольных работы (КР, по одной контрольной работе по каждому разделу), один контрольный опрос по защите лабораторных работ (КО). Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 12 баллов за каждую. 12 баллов отводятся на контрольный опрос по защите лабораторных работ.

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

Вид контроля	КР №1	КР №2	КР №3	КР №4	КО	Σ
Баллы	12	12	12	12	12	60

Раздел	Примеры вопросов к контрольным работам
Раздел 1. Введение. Основные положения	1. Принятые тривиальные названия гетероциклических соединений азота. 2. Принципы систематической номенклатуры гетероциклических соединений (система Ганча-Видмана). 3. Номенклатура конденсированных гетероциклических соединений. 4. Классификация реакций замыкания цикла. 5. Классификация гетероциклических соединений. 6. Классификация реакций циклоприсоединения. 7. Реакции [2+1], [2+2], [3+2], [4+2] циклоприсоединения. Каскадные реакции. 8. Реакции экзо-тет(триг, диг) и эндо-диг. 9. Электроциклические реакции. 10. Таутомерия и перегруппировки в ряду азотсодержащих гетероциклов. 11. Азотсодержащие гетероциклы как ЭМ.

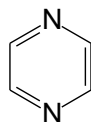
Раздел	Примеры вопросов к контрольным работам
Раздел 2. Насыщенные азотсодержащие гетероциклы	1. Методы получения и химические свойства азиридинов. 2. Методы получения и химические свойства азетидинов. 3. Методы получения нитроазиридинов. 4. Методы получения нитроазетидинов. 5. Применение замещенных азиридинов в синтезе энергоемких материалов. 6. Сравнительная оценка азиридинов и азетидинов на примере реакции нитрования. 7. Реакция Манниха в синтезе насыщенных нитрогетероциклов. 8. Особенности построения нитропроизводных азаадамантана. 9. Классификация циклических нитромочевин. 10. Методы получения и применение в органическом синтезе циклических нитромочевин. 11. Синтез нитропроизводных азаизовюрцитана. 12. Получение оксо-аналогов азаизовюрцитана. 13. Механизм нитрования уротропина. Влияние кислотности нитрующей смеси на направление реакции. 14. Синтез спироциклических N-нитроаминов.
Раздел 3. Азолы	1. Основные методы получения и химические свойства пирролов. 2. Методы получения и химические свойства диазолов (имидазолов, пиразолов). 3. Методы получения и химические свойства 1,2,3- и 1,2,4-триазолов. 4. Методы получения и химические свойства 1,2,5-оксадиазолов. Перегруппировка Болтона-Катрицкого, Бейрутская реакция. 5. Тетразолы. Основные способы получения. 6. Перегруппировка Димрота в ряду 1,2,3-триазола и тетразола. 7. Роль прототропной таутомерии в химии азолов. 8. Сравнительная оценка реакционной способности азолов. на примере реакции нитрования. 9. Особенности нитрования замещенных пиррола. 10. Особенности нитрования диазолов. 11. Методы введения нитрогруппы в структуру 1,2,4-триазолов. 12. Особенности перегруппировки N-нитроазолов. 13. Методы получения 2-нитроимидазолов. 14. Методы получения бензотриазолов и тетраазапенталенов. 15. Методы получения пентазолов.
Раздел 4. Азины	1. Методы получения и химические свойства пиридинов. 2. Методы получения диазинов (пиридазинов, пиримидинов, пиразинов). 3. Методы получения триазинов (1,2,3-, 1,2,4- и 1,3,5). 4. Методы получения и химические свойства 1,2,4,5-тетразинов. 5. Методы получения 1,2,3,4-тетразинов. 6. Особенности нитрования производных пиридина. 5. Особенности получения 1,2,3,4-тетразин-1,3-диоксидов 6. Особенности нитрования пиримидинов. 7. Особенности нитрования С-аминоазинов. 8. Методы получения нитротриазинов. 9. Применение цианурхлорида в синтезе ЭМ 10. Косвенные методы синтеза нитродиазинов.

Раздел	Примеры вопросов к контрольным работам
	11. Синтез ЭМ в ряду 1,2,4,5-тетразина. 12. Синтез ЭМ в ряду 1,2,3,4-тетразинов. 13. Особенности нитрования amino-1,2,4,5-тетразинов. 14. Механизм формирования 1,2,3,4-тетразин-1,3-диоксидного цикла. 15. Использование реакций [4+2] циклоприсоединения в синтезе азинов. Реакция Карбони-Линдсей.

Примеры контрольных работ
Контрольная работа по содержанию раздела 1 (КР № 1)

Вариант 1

1. Назовите следующее соединение, используя

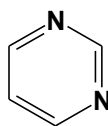


- а) тривиальное название
б) номенклатуру Ганча-Видмана
с) заместительную номенклатуру
2. Нарисуйте структуры следующих соединений:

- а) 1,8-дизанафталин
б) 1,2,4-триазоло[4,3-а]пиридин
3. Приведите примеры реакции [3+2] циклоприсоединения.

Вариант 2

1. Назовите следующее соединение, используя



- а) тривиальные названия
б) номенклатуру Ганча-Видмана
с) заместительную номенклатуру
2. Нарисуйте структуры следующих соединений:
а) 8-хлор-5-нитрохинолин
б) 4-амино-6-нитро-1,4-дигидропиразоло[4,3-с]пиразол-3-карбоновая кислота.
3. Приведите примеры реакции [4+2] циклоприсоединения.

Оценочный материал по контрольной работе №1

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	4	4	4	12

Контрольная работа по содержанию раздела 2 (КР № 2)

Вариант 1

1. Химические свойства азетидинов.
2. Представьте схему синтеза гексанитрогексаазаизовюрцитана.

Вариант 5

1. Особенности нитрования азиридинов.
2. Предложите схему синтеза 1,3,4,6-тетранитротетрагидроимидазо[4,5-d]-имидазол-2,5-диона.

Оценочный материал по контрольной работе №2

Вопрос	1	2	Σ
Баллы	6	6	12

Контрольная работа по содержанию раздела 3 (КР № 3)

Вариант 1

1. Особенности реакции окисления в ряду аминифуранов
2. Синтез 5-нитро-2,4-дигидро-3Н-1,2,4-триазол-3-она

Вариант 7

1. Основные способы получения тетразолов.
2. Проведите сравнительную оценку реакционной способности азолов на примере реакции нитрования.

Оценочный материал по контрольной работе №3

Вопрос	1	2	Σ
Баллы	6	6	12

Контрольная работа по содержанию раздела 4 (КР № 4)

Вариант 1

1. Получение пиридинов
2. Приведите схему синтеза 2,6-диамино-3,5-динитропирозин-1-оксида

Вариант 17

1. Синтез ЭМ в ряду 1,2,3,4-тетразин диоксидов
2. Приведите схему синтеза 2-амино-4,6-бис(тринитрометил)-1,3,5-триазина

Оценочный материал по контрольной работе №4

Вопрос	1	2	Σ
Баллы	6	6	12

8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения лабораторного практикума

В качестве итогового контроля выполнения лабораторных работ по дисциплине «Химия гетероциклических соединений азота» предусматривается их защита. Итоговая оценка складывается из оценок, полученных при защите каждой работы. Защита лабораторных работ проходит в форме контрольного опроса (КО).

В результате текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 12 баллов.

Контрольный опрос (Раздел 2 и Раздел 4)

1. Особенности получения циклических нитрамин.
2. Отличие механизмов N- и C-нитрования.
3. Выбор нитрующей смеси при нитровании циклических мочеви.
4. Реакция Манниха в синтезе циклических нитрамин.
5. Механизм окислительного нитрования.
6. Методы синтеза 1,2,4,5-тетразинов.
7. Окисление дигидро-1,2,4,5-тетразинов.
8. Особенности нуклеофильного замещения диметилпирозольного фрагмента в 3,6-бис(3,5-диметилпирозол-1-ил)-1,2,4,5-тетразине.
9. Синтез ЭМ в ряду сим-тетразина.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» в качестве итогового контроля освоения теоретических разделов по дисциплине «Химия гетероциклических соединений азота» в 7 семестре предусмотрен экзамен. Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 14 баллов, вопрос 2 – 14 баллов, вопрос 3 – 12 баллов.

1. Общие принципы построения гетероциклических соединений.
2. Понятие о реакциях замыкания цикла.
3. Реакции циклоприсоединения в синтезе азотсодержащих гетероциклов.
4. Электроциклические реакции.
5. Реакции конденсации и циклоприсоединения в синтезе азотсодержащих нитрогетероциклов.
6. Реакция Манниха в синтезе циклических нитросоединений.
7. Роль таутомерии и перегруппировок в химии азотсодержащих гетероциклов.
8. Синтез и химические свойства азиридинов.
9. Синтез и химические свойства азетидинов.
10. Синтез и химические свойства пирролов.
11. Синтез и химические свойства имидазолов.
12. Синтез и химические свойства пиразолов.
13. Синтез и химические свойства триазолов.
14. Синтез и химические свойства тетразолов.
15. Синтез и химические свойства фуразанов.
16. Синтез и химические свойства фуроксанов.
17. Синтез и химические свойства пиридинов.
18. Синтез и химические свойства 1,2,4,5-тетразинов.
19. Строение и методы получения пентазолов.
20. Строение и методы получения бензотриазолов.
21. Строение и методы получения тетраазапенталенов.
22. Строение и методы получения диазинов.
23. Строение и методы получения триазинов.
24. Строение и методы получения 1,2,3,4-тетразинов.
25. Особенности нитрования производных азиридина.
26. Особенности нитрования производных пиррола.
27. Особенности нитрования производных имидазола.
28. Особенности нитрования производных пиразола.
29. Особенности нитрования производных пиридина.
30. Особенности нитрования производных диазинов.
31. Методы получения нитроазиридинов.
32. Методы получения нитроазетидинов.
33. Методы получения циклических нитроаминов.
34. Методы получения циклических нитромочевин.
35. Методы получения нитропроизводных каркасных азотсодержащих гетероциклов.
36. Методы получения нитротриазолов.
37. Сравнительная характеристика реакционной способности ароматических азотсодержащих гетероциклов на примере реакции нитрования.
38. Косвенные способы введения нитро группы в структуру азотсодержащих гетероциклов на примере азолов и азинов.
39. Особенности формирования 1,2,3,4-тетразин-1,3-диоксидного цикла.
40. Азотсодержащие нитрогетероциклы в ряду окислителей.
41. Азотсодержащие нитрогетероциклы в ряду мощных ЭМ.
42. Азотсодержащие нитрогетероциклы в ряду термостойких ЭМ.

43. Азотсодержащие нитрогетероциклы в ряду малочувствительных ЭМ.
44. Азотсодержащие нитрогетероциклы в ряду плавких ЭМ.
45. Энергоемкие материалы в ряду 1,3,5-триазина.
46. Энергоемкие материалы в ряду 1,2,4,5-тетраамина.
47. Схемы синтеза 1,3,3-тринитроазетидина.
48. Схемы синтеза 1,3,5,5-тетранитрогексагидропиримидина.
49. Схемы синтеза гексанитрогексаазазовюрцитана.
50. Схемы синтеза 1,3,4,7-тетранитрооктагидро-2Н-имидазо[4,5-*b*]пирозин-2-она.
51. Схемы синтеза 1,3,4,6-тетранитротетрагидроимидазо[4,5-*d*]имидазол-2,5-диона.
52. Схемы синтеза 1,3,4,6-тетранитрооктагидроимидазо[4,5-*d*]имидазола.
53. Схемы синтеза 2,3,4,5-тетранитропиррола.
54. Схемы синтеза Y(Z)-ТАСОТ.
55. Схемы синтеза [1,2,5]оксадиазоло[3,4-*e*]тетразоло[1,5-*a*]пиридин-3-оксида.
56. Схемы синтеза 1-пикрил-5,7-динитро-1Н-бензотриазола (ВТХ).
57. Схемы синтеза 4,6-динитробензофуросана (DNBF).
58. Схемы синтеза 3,6-динитропиразоло[4,3-*c*]пиразола (DNPP).
59. Схемы синтеза 5-азидотетразола.
60. Схемы синтеза гидроксиламминиевой соли 1Н,1'Н-5,5'-битетразол-1,1'-диола (ТКХ-50).
61. Схемы синтеза 2,6-диамино-3,5-динитропирозин-1-оксида.
62. Схемы синтеза 6-азидо-2,4-бис(тринитрометил)-1,3,5-триамина.
63. Схемы синтеза 5,7-динитро-1,2,3,4-бензотетразин 1,3-диоксида.
64. Схемы синтеза [1,2,5]оксадиазоло[3,4-*e*][1,2,3,4]тетразин 4,6-диоксида.
65. Схемы синтеза 1,4-диоксида 1,2,4,5-тетразин-3,6-диамина.
66. Схемы синтеза 3,6-бис(тетразол-5-иламино)-1,2,4,5-тетраамина.
67. Схемы синтеза РL-1.
68. Схемы синтеза РYХ.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример экзаменационных билетов

Итоговый контроль освоения материала дисциплины проводится в форме устного итогового экзамена. Экзамен по дисциплине «Химия гетероциклических соединений азота» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответ на первые два вопроса оценивается по 14 баллов, а третий вопрос – 12 баллов. Суммарная максимальная оценка 40 баллов. Общая оценка дисциплины складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на экзамене. Максимальная оценка по дисциплине – 100 баллов.

<i>«Утверждаю»</i> Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования и РФ Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Химия гетероциклических соединений азота»
	БИЛЕТ № 1 1. Фуразаны. Синтез и химические свойства. 2. Особенности нитрования азиридинов. 3. Схема синтеза 3,6-бис(тетразол-5-иламино)-1,2,4,5-тетраамина.

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Химия гетероциклических соединений азота»
БИЛЕТ № 5 1. Пирролы. Синтез и химические свойства. 2. Перегруппировки в химии азотсодержащих гетероциклов. 3. Схема синтеза 1,3,3-тринитро-азетидина.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

Основная:

1. Джоуль Дж., Миллс К., Химия гетероциклических соединений, под ред. М.А. Юровской, М.: Мир, 2009, 728с.
2. Жилин В.Ф., Збарский В.Л., Юдин Н.В. Малочувствительные взрывчатые вещества: учеб. пособие. М.: РХТУ, 2008. –170 с. (базовый учебник)
3. Мантров С.Н., Дашкин Р.Р., Комарицких М.Ю. Химия гетероциклических соединений и синтез фармсустанций на их основе: учеб. пособие /. - М. : Издательство РХТУ, 2015. - 196 с.

Дополнительная:

1. Джилкрист Т. Химия гетероциклических соединений, под ред. М.А.Юровской, М, Мир, 1996, 464с.
2. Общая органическая химия/ Под ред. Д.Бартона и У.Д.Оллиса. т.8, Азотсодержащие гетероциклы./Под ред.П.Г.Сэммса - / Под ред. Н.К.Кочеткова -М: Химия, 1985, 752с.
3. Гетероциклические соединения./ Под ред. Р.Эльдерфильда. т.6, Шестичленные гетероциклы с двумя гетероатомами и их бензопроизводные./-Пер. с англ./ Под ред. Ю.К.Юрьева -М.: ИЛ, 1960, 611с.
4. Иванский В.И., Химия гетероциклических соединений, М: ВШ, 1978, 559с.
5. Русинов В.Л., Чупахин О.Н., Нитроазины., Новосибирск: Наука, 1991, 350с.
6. Хмельницкий Л.И., Новиков С.С., Годовикова Т.И., Химия фуросанов, М, Наука, (Строение и синтез-1981; Реакции и применение-1983).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Химия гетероциклических соединений. Online ISSN: 0009-3122

Journal of Heterocyclic Chemistry. Online ISSN: 0022-152X

Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087

Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822

Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 240);

банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 68);

Для проведения лабораторных занятий используются оборудование, экспериментальные установки, компьютеры и программное обеспечение кафедры ХТОСА.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);

- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);

- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);

- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;

- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. Информационно-библиотечный центр обеспечивает самостоятельную работу студентов в читальных залах, предоставляя широкий выбор литературы по актуальным направлениям, а также обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Химия гетероциклических соединений азота» проводятся в форме лекций, лабораторных работ и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Для проведения лабораторного практикума используется оборудование, приборы и экспериментальные установки кафедры:

- вытяжные шкафы, химические столы, лабораторная посуда, защитные маски, сушильный шкаф КВС-100-250, весы аналитические лабораторные со встроенной калибровкой, весы технические ВЛТЭ-250, весы электронные SCOUTS C-2020, аквадистиллятор ДЭ-4-2М, установки для титрования, термостаты, верхнеприводные мешалки САТ R14, морозильная камера «Стинол», холодильник «Саратов» 125, приборы для определения температуры плавления, колбонагреватели, бани электрические, пластины для тонкослойной хроматографии (Сорбфил), УФ-спектрометр ПЭ-6100УФ, ИК спектрометр Avatar-360 FTIR, газо-жидкостной хромато-масс-спектрометр Trace 1310/ISQ, жидкостной хромато-масс-спектрометр Ultimate 3000/Fleet LT.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: раздаточный материал к лекциям и лабораторным работам.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное /вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Введение. Основные принципы.	Знает: – основные принципы создания новых энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов. Умеет: – прогнозировать эффективные пути синтеза энергоемких гетероциклических соединений; – оценивать химические и энергетические свойства новых энергонасыщенных материалов. Владеет: – практическими навыками получения энергонасыщенных гетероциклов в лабораторных условиях.	Оценка за контрольную работу, оценка за экзамен.
Раздел 2. Насыщенные азотсодержащие гетероциклы.	Знает: – основные принципы создания новых энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов; – основные методы получения и требования к исходным продуктам; – теоретические основы процессов нитрования, окисления и	Оценка за контрольную работу; оценка за контрольный опрос; оценка за экзамен.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	азидирования азотсодержащих гетероциклов. Умеет: – оценивать химические и энергетические свойства новых энергонасыщенных материалов. Владеет: – практическими навыками получения энергонасыщенных гетероциклов в лабораторных условиях; – современной научно-технической информацией по получению и физико-химическим свойствам энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов.	
Раздел 3. Азолы.	Знает: – основные принципы создания новых энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов; – основные методы получения и требования к исходным продуктам; – теоретические основы процессов нитрования, окисления и азидирования азотсодержащих гетероциклов. Умеет: – оценивать химические и энергетические свойства новых энергонасыщенных материалов. Владеет: – практическими навыками получения энергонасыщенных гетероциклов в лабораторных условиях; – современной научно-технической информацией по получению и физико-химическим свойствам энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов.	Оценка за контрольную работу; оценка за экзамен.
Раздел 4. Азины.	Знает: – основные принципы создания новых энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов; – основные методы получения и требования к исходным продуктам; – теоретические основы процессов нитрования, окисления и азидирования азотсодержащих гетероциклов. Умеет: – оценивать химические и	Оценка за контрольную работу; оценка за контрольный опрос; оценка за экзамен.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	энергетические свойства новых энергонасыщенных материалов. Владеет: – практическими навыками получения энергонасыщенных гетероциклов в лабораторных условиях; – современной научно-технической информацией по получению и физико-химическим свойствам энергонасыщенных азотсодержащих гетероциклов.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Химия гетероциклических соединений азота»
основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Химия и технология инициирующих и быстрогорящих взрывчатых
веществ»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

д.х.н., профессором кафедры «Химической технологии органических соединений азота»
Синдицким В.П.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	9
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	10
4.2. Содержание разделов дисциплины.	12
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	14
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	18
6.1. Практические занятия	18
6.2. Лабораторные работы.....	18
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	19
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	19
8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины	19
8.1.1. Примеры контрольных работ	20
8.2. Средства оценки освоения лабораторного практикума	21
8.2.1. Примерный перечень вопросов для допуска к лабораторным работам.....	21
8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины.....	22
8.4. Структура и пример экзаменационных билетов.....	24
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	25
9.1. Рекомендуемая литература	25
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.....	25
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	25
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	26
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	26
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:	26
11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	26
11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения.....	27
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	27
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	28

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Химия и технология инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Б1.В.03.

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области общетеоретических дисциплин неорганической, органической, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии, а также специальных дисциплин по химии и технологии энергетических материалов.

Цель дисциплины «Химия и технология инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ» – ознакомление обучающихся с химическими, физико-химическими и взрывчатыми свойствами инициирующих и быстрогорящих ВВ, методами их испытаний, обучению правилам безопасного обращения, традиционным и новым технологическим приемам получения штатных инициирующих взрывчатых веществ, а также ознакомление с конструкциями и устройствами, в которых используются инициирующие материалы.

Задачи дисциплины:

- объяснить природу инициирующих взрывчатых веществ, показать их особое место в ряду энергонасыщенных материалов;
- выявить связь между химическим строением инициирующих и быстрогорящих соединений и их взрывчатыми свойствами.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью ознакомления студентов:

- с основными химическими, физико-химическими и взрывчатыми свойствами инициирующих и быстрогорящих ВВ;
- с методами их испытаний и правилами безопасного обращения;
- с технологическими процессами получения инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ.
- с практическими результатами исследований по влиянию молекулярного строения энергонасыщенных материалов на их свойства;
- с современными тенденциями в производстве и применении инициирующих и быстрогорящих веществ и смесей;

Дисциплина «Химия и технология инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ» преподается в 9 семестре, включает лекции практические занятия и лабораторный практикум. Контроль успеваемости обучающихся ведется по принятой в университете рейтинговой системе. Рабочая программа дисциплины может быть частично реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента;	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, свойств сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры; готов к обеспечению требований по техническому	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
организация и участие в испытаниях готовой продукции; контроль над соблюдением технологической дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептов, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и		регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической технологии с учетом требований по техническому регулированию ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом; методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору	

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
автоматизации процессов.			технологической схемы производства энергонасыщенных материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий	
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию	ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта.

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции; контроль над соблюдением технологической дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.		технологии новых взрывчатых материалов и изделий	применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов. ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

знать:

- основные свойства и методы получения инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ;
- методы испытания и определения основных характеристик;
- правила безопасного обращения с этими материалами;

уметь:

- исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых инициирующих и быстрогорящих материалов;

владеть:

- практическими навыками безопасной работы с инициирующими и быстрогорящими взрывчатыми веществами в лабораторных условиях.
- информацией по производству и применению инициирующих и быстрогорящих ВВ.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	7	252	189
Контактная работа – аудиторные занятия:	3.1	112	84
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	1.1	40	30
Лекции	0.6	20	15
Практические занятия (ПЗ)	0.3	12	9
Лабораторные работы (ЛР)	2.2	80	60
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	2	72	54
Самостоятельная работа	2.9	104	78
Контактная самостоятельная работа	2,9	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		104	78
Экзамен	1	36	27
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену		35,6	26,7
Вид контроля:		экзамен	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Введение	3		1				2
1.	Раздел 1. Основные свойства инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ (ИВВ и БГВВ)	15		5				10
1.1	Классификация. Главные отличия от других энергонасыщенных материалов	6		2				4
1.2	Основные характеристики ИВВ и БГВВ. Методы определения	9		3				6
2.	Раздел 2. Основные представители ИВВ. Химические и взрывчатые свойства. Промышленные и лабораторные методы получения	190	72	12	10	80	72	88
2.1	Взрывчатые координационные соединения. Комплексные соединения переходных металлов. Быстрогорящие вещества.	36	14	2	2	16	14	16
2.2	Соли фульминовой кислоты. Гремучая ртуть	36	15	2	2	16	15	16
2.3	Соли азотистоводородной кислоты. Азид свинца	36	15	2	2	16	15	16

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
2.4	Соли полинитрооксибензолов. Стифнат свинца	35	15	1	2	16	15	16
2.5	Производные тетразола. Тетразен	35	13	1	2	16	13	16
2.6	Диазодинитрофенол и соли дiazонитробензолов	3		1				2
2.7	Органические азиды. Цианурттриазид. Триазидотринитробензол	3		1				2
2.8	Органические перекиси. Пероксиды ацетона. Гексаметилентрипероксиддиамин	3		1				2
2.9	Соли динитробензофуроксана	3		1				2
3.	Раздел 3. Применение ИВВ. Средства инициирования (СИ)	8		2	2			4
3.1	Классификация СИ. Капсюли- воспламенители. Капсюли- детонаторы	4		1	1			2
3.2	Огнепроводный и детонирующий шнур. Неэлектрические системы взрывания. Ударно-волновая трубка.	4		1	1			2
	ИТОГО	216	72	20	12	80	72	104
	Экзамен	36						
	ИТОГО	252						

4.2. Содержание разделов дисциплины.

Введение

Структура дисциплины, литература для самостоятельного изучения. Место инициирующих ВВ (ИВВ) в ряду энергонасыщенных материалов. Исторические этапы развития ИВВ и средств инициирования. Быстрогоорящие ВВ. Экологические аспекты использования ИВВ для гражданских целей и в промышленности.

Раздел 1.

Основные свойства инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ (ИВВ и БГВВ)

1.1. Классификация ИВВ по химическому признаку (12 классов). Основные представители. Характерные свойства ИВВ, отличающие их от других энергонасыщенных материалов. Высокая скорость начальной стадии взрывчатого превращения (горения) как ключевой фактор для объяснения многих свойств ИВВ. Количественное различие между инициирующими и бризантными ВВ при развитии процесса перехода горения в детонацию с точки зрения основных положений теории горения пористых систем.

1.2. Основные характеристики ИВВ и БГВВ. Иницирующая способность, чувствительность к удару, трению, лучу огня, термическая стойкость. Методы определения инициирующей способности. Минимальный инициирующий заряд. Влияющие факторы. Копровые методы определения чувствительности. Методы исследования термической стойкости. Температура вспышки. Время задержки вспышки.

Раздел 2.

Основные представители ИВВ. Химические и взрывчатые свойства. Промышленные и лабораторные методы получения

2.1. Взрывчатые комплексные соединения переходных металлов. Строение комплексных соединений. Лиганды и анионы для получения быстрогорящих и инициирующих ВВ. Влияние природы металла, лиганда и противоиона на взрывчатые свойства веществ. Основные представители, методы получения, физико-химические и взрывчатые свойства.

2.2. Соли фульминовой кислоты. Фульминаты металлов. Гремучая ртуть. История открытия. Химизм получения и строение. Физико-химические и взрывчатые свойства. Взаимодействие с металлами. Способ промышленного производства по стадиям. Методы уничтожения.

2.3. Азотистоводородная кислота. Строение и способы получения. Физические, химические и взрывчатые свойства. Соли с металлами. Промышленные способы получения азидов натрия по стадиям. Физико-химические и взрывчатые свойства азидов свинца. Взаимодействие с кислотами, щелочами и металлами. Гидролитическая нестойкость. Способ промышленного производства по стадиям. Виды промышленного азидов свинца. Методы уничтожения.

2.4. Соли полинитрооксибензолов как ИВВ и компоненты пиротехнических смесей. Калиевые и свинцовые соли полинитрофенолов и резорцинов. Стифнат свинца.

Физико-химические и взрывчатые свойства. Области применения. Промышленный способ получения по стадиям. Метод уничтожения.

2.5. Диазодинитрофенол. Строение, свойства, методы получения. Взрывчатые характеристики и применение. Промышленный способ получения по стадиям. Методы уничтожения. Соли diaзонитробензолов. Нитраты и перхлораты моно- и динитродиазобензолов. Способы получения и взрывчатые свойства.

2.6. 5-Замещенные тетразола в качестве инициирующих ВВ. Влияние природы заместителя на скорость горения и взрывчатые свойства тетразолов. Производные 5-нитротетразола как перспективные «зеленые» ИВВ. Штатное ИВВ тетразен. Строение, методы получения, химические и взрывчатые свойства. Промышленный способ получения по стадиям. Лабораторный и промышленный способ уничтожения.

2.7. Органические азиды как ИВВ. Общие методы получения и основные представители. Циануртриазид и триазидотринитробензол. Лабораторный способ получения, взрывчатые свойства.

2.8. Органические перекиси. Общая характеристика и основные представители взрывчатых пероксидов. Пероксиды ацетона. Гексаметилентрипероксиддиамин. Методы получения и свойства.

2.9. Соли динитробензофуроксана. Способ получения. Влияние положения металла в молекуле на взрывчатые свойства соединения. Калиевая соль 4,6-динитробензофуроксана как перспективное экологически-безопасное ИВВ для ударно-воспламенительных капсюльных составов.

Раздел 3.

Применение ИВВ. Средства инициирования (СИ)

3.1. Классификация СИ. Средства возбуждения детонации. Средства воспламенения. Основные и вспомогательные СИ. Капсюли-воспламенители и капсюли-детонаторы. Электрические и неэлектрические системы инициирования.

3.2. Средства передачи инициирующего и огневого импульса на расстоянии. Огнепроводный и детонирующий шнуры. Основные типы шнуров и их характеристики. Стопин. Ударно-волновая трубка.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел			
		Введение	1	2	3
	Знать:				
1	- основные свойства и методы получения инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ	+		+	
2	- методы испытания и определения основных характеристик;		+		+
3	- правила безопасного обращения с этими материалами;	+		+	
	Уметь:				
6	- исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых инициирующих и быстрогорящих материалов;		+		+
7	- синтезировать соединения класса инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ.			+	
	Владеть:				
8	- практическими навыками безопасной работы с инициирующими и быстрогорящими взрывчатыми веществами в лабораторных условиях.			+	+
9	- информацией по производству и применению инициирующих и быстрогорящих ВВ.			+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:					
10	ПК-2 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, норм выработки и технологических	ПК-2.1 Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции; основные	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:						
	нормативов расходования сырья, свойств сырья и готовой продукции, проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры; готов к обеспечению требований по техническому регулированию, к освоению и эксплуатации нового оборудования, обеспечению технологической безопасности	процессы и аппараты химической технологии, методы расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии; основные особенности проектирования предприятий по производству энергонасыщенных материалов, принципы выбора схемы производства; основы технического регулирования, меры обеспечения технологической безопасности				
		ПК-2.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты; производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования оборудования и аппаратов химической технологии с учетом требований по техническому регулированию	+	+	+	+
		ПК-2.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом;	+	+	+	

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:						
		методологией расчета основных параметров технологических процессов; навыками конструирования и проектирования аппаратов и оборудования химической технологии, по выбору технологической схемы производства энергонасыщенных материалов; навыками использования основных инструментов и правил технического регулирования и управления качеством, стандартизации и сертификации продуктов и изделий				
11	ПК-5 Готов синтезировать и исследовать физико-химические, взрывчатые свойства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов	ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать	+		+	

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:						
		пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов.				
		ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	+	+	+	

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Химия и технология инициирующих и быстрогорящих веществ» в объеме 12 часов (0.3 зач. ед.) в 9 семестре. Практические занятия направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях и приобретение навыков решения ряда практических задач.

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	2.1	Строение взрывчатых координационных соединений. Комплексные соединения перхлората меди с 4-амино-1,2,4-триазолом. Условия получения и свойства соединений.	2
2	2.2	Способы синтеза гремучей ртути. Влияние температуры и концентрации исходных реагентов на выход и чистоту получаемого продукта. Химические способы уничтожения гремучей ртути.	2
3	2.3	Методы получения и свойства азотистоводородной кислоты. Физико-химические и взрывчатые свойства азидов свинца. Условия лабораторного синтеза. Методы уничтожения.	2
4	2.4	Строение, основные свойства и применение стифната свинца. Условия лабораторного синтеза. Химические методы уничтожения.	2
5	2.5	Строение и свойства тетразена. Условия лабораторного синтеза. Химические методы уничтожения	2
6	3.1	Основные элементы конструкции капсюлей-детонаторов, электродетонаторов, капсюлей-воспламенителей. Основные требования к изделиям.	1
7	3.2	Назначение и основные характеристики огнепроводного и детонирующего шнура, ударно-волновой трубки.	1

6.2. Лабораторные работы

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению теоретического материала, изучаемого в дисциплине «Химия и технология инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ», а также направлено на приобретение навыков экспериментальной работы по синтезу энергонасыщенных материалов.

Лабораторный практикум по дисциплине «Химия и технология инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ» выполняется в соответствии с Учебным планом в 9 семестре и занимает 80 акад. ч. Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 8 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	2.1	Синтез акватетракис(4-амино-1,2,4-триазол)медь(II) перхлората	16
2	2.2	Синтез фульмината ртути	16
3	2.3	Синтез коллоидального азиды свинца	16
4	2.4	Синтез 2,4,6-тринитрорезорцина свинца	16
5	2.5	Синтез 1-(5-тетразолил)-3-гуанилтетразена моногидрата	16

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Химия и технология инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ» предусмотрена самостоятельная работа студента специалитета в объеме 104 ч в 9 семестре плюс 36 ч (подготовка к экзамену). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

1. Регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала.
2. Подготовку к контрольным опросам по материалу лекционного курса.
3. Подготовку к лабораторным работам.
4. Подготовку к контрольным опросам по лабораторным работам.
5. Подготовку к сдаче экзамена.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 20 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 40 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов).

8.1. Оценочные средства освоения теоретических разделов дисциплины

Текущий контроль освоения теоретических разделов дисциплины осуществляется по следующим видам работ:

1. Три контрольных опроса (КО)
2. Пять контрольных опросов по лабораторным работам (КОЛР)

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

Вид контроля	КО №1	КО №2	КО №3	КОЛР №1-5	Σ
Баллы	6	8	6	40	60

8.1.1. Примеры контрольных работ

Контрольная работа №1 по содержанию раздела 2

Вариант №1

1. Каким веществом можно заменить этиловый спирт при синтезе гремучей ртути?
2. Какие факторы способствуют образованию бета-модификации азид свинца?
3. Продукты гидролиза гремучей ртути

Вариант №2

1. Какая роль окислов азота при синтезе гремучей ртути?
2. С какими металлами из перечисленных не реагирует азид свинца?
3. Чем серая гремучая ртуть отличается от белой?

Оценка за контрольный опрос №1

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	2	2	2	6

Контрольная работа №2 по содержанию раздела 2

Вариант №1

1. Какое вещество получается при попытке синтеза тетразена в среде уксусной кислоты?
2. Химическая активность тетразена по отношению к сильным кислотам
3. Расположить вещества в порядке увеличения иницирующей способности:
ТНРС
Тетразен
Азид свинца
Гремучая ртуть
4. Как уничтожают ТНРС на производстве?

Вариант №2

1. Какое вещество получается при синтезе тетразена в сильноокислой среде (РН~1)?
2. Роль ТНРС в капсюлях-детонаторах.
3. ТНРС содержит кристаллизационную воду, которая, следуя технологическому процессу (выбрать правильный ответ):
Удаляется из вещества на стадии сушки
Удаляется из вещества специальными методами сушки в вакууме
Остается в молекуле соединения
4. К какому химическому классу относится тетразен ?

Оценка за контрольный опрос №2

Вопрос	1	2	3	4	Σ
Баллы	2	2	2	2	8

Контрольная работа №3 по содержанию разделов 1, 3.

Вариант №1

1. Что означает нижний предел чувствительности ИВВ к удару, определяемый при испытаниях на копре?
2. Что такое минимальный инициирующий заряд?
3. В чем заключается главная особенность инициирующих ВВ?

Вариант №2

1. Что означает верхний предел чувствительности ИВВ к удару, определяемый при испытаниях на копре?
2. Что называется явлением перепрессовки ИВВ?
3. Как температура вспышки ИВВ зависит от времени нагревания вещества (времени задержки)?

Оценка за контрольный опрос №3

Вопрос	1	2	3	Σ
Баллы	2	2	2	6

8.2. Средства оценки освоения лабораторного практикума

Общая оценка за прохождение лабораторного практикума складывается из оценок, полученных при допуске к лабораторным работам. Допуск к лабораторным работам проходит в форме контрольного опроса (КОЛР).

8.2.1. Примерный перечень вопросов для допуска к лабораторным работам

Контрольный опрос №1

1. К какому классу ВВ можно отнести купразол (К-4)?
2. Напишите реакцию получения К-4.
3. Какие комплексные соединения могут получиться из перхлората меди и 4-амино-1,2,4-триазола и в каких условиях?
4. Напишите структурную и брутто формулу купразола (К-4).
5. Как взаимодействует К-4 с кислотами? Метод уничтожения К-4.
6. Как влияет соотношение исходных реагентов на синтез К-4?
7. Условия сушки К-4
8. Опасные операции при синтезе К-4.

Контрольный опрос №2

1. Какие исходные вещества для получения гремучая ртуть (Г.Р.)?
2. Порядок слива реагентов при синтезе Г.Р.
3. Соотношения реагентов при синтезе Г.Р.
4. Роль окислов азота при синтезе Г.Р.
5. Как удерживают окислы азота при растворении ртути?
6. Напишите реакции растворения ртути в азотной кислоте.
7. Какой концентрации азотная кислота используется при синтезе Г.Р.?
8. Как получают белую Г.Р.?

Контрольный опрос №3

1. Формула ТНРС. Возможно ли получить безводный ТНРС?
2. Где применяется ТНРС?
3. Исходные вещества для получения ТНРС?
4. Порядок и температура слива реагентов при синтезе ТНРС.
5. Для чего при синтезе ТНРС добавляют уксусную кислоту?
6. Что происходит при сливе реагентов при комнатной температуре?
7. Уничтожение ТНРС.
8. Наиболее опасное свойство ТНРС.

Контрольный опрос №4

1. Где применяется азид свинца (АС)?
2. Какие существуют кристаллические модификации АС, их получение и свойства.
3. Исходные вещества для получения АС.
4. Порядок и температура слива реагентов при синтезе АС.
5. Взаимодействие АС с кислотами, меры предосторожности.
6. Взаимодействие АС с азотной кислотой.
7. Уничтожение АС.
8. Взаимодействие АС с металлами. В каких оболочках используют АС?

Контрольный опрос №5

1. Где применяется тетразен?
2. Формула и химическое название тетразена
3. Схема получения тетразена
4. Исходные вещества для получения тетразена, методика синтеза
5. Влияние среды на состав продуктов при диазотировании аминотетразола
6. Действие щелочей и кислот на тетразен
7. Методы очистки тетразена
8. Методы уничтожения тетразена

По итогам текущего контроля за прохождение лабораторного практикума обучающийся суммарно может набрать 40 баллов:

КОЛР	№1	№2	№3	№4	№5	Σ
Баллы	8	8	8	8	8	40

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса.

1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 10 баллов.

1. Технология получения декстринового азид свинца
2. Влияние различных факторов на минимальный инициирующий заряд гремучей ртути. Объяснить.
3. Назначение и конструкция капсюлей-воспламенителей.
4. Классификация ИВВ и БГВВ по химическому строению (12 классов)
5. Синтезировать и назвать купразол-4.
6. Конструкция и работа КД №8 и ЭД №8.
7. Химизм получения гремучей ртути (по Виланду). Побочные реакции при получении.

8. Метод определения чувствительности ИВВ к трению.
9. Стопин, детонирующий шнур, огнепроводный шнур. Принцип работы, основные характеристики.
10. Технология получения NaN_3 (по реакции Вислиценуса)
11. Методы определения чувствительности ИВВ к лучу огня. От чего она зависит.
12. История развития ИВВ и средств инициирования
13. Неустойчивость горения ИВВ и ее возможные причины.
14. Органические перекиси, методы получения и свойства.
15. Тетразен. Физико-химические и взрывчатые свойства. Область применения.
16. Методы определения чувствительности ИВВ к удару.
17. Средства инициирования: классификация, назначение, принцип работы.
18. Технология получения азида натрия (по методу Тиле).
19. Различия в ПГД ИВВ и вторичных ВВ. Дать объяснение.
20. Основные требования, предъявляемые к ИВВ (4). Объяснить.
21. Технология получения диазодинитрофенола из пикрамата магния.
22. Строение и методы получения быстрогорящих комплексных соединений. Получить несколько соединений.
23. Взаимодействие гремучей ртути, азид свинца, ТНРС и тетразена с металлами.
24. Азид свинца. Физико-химические и взрывчатые свойства. Область применения.
25. Строение тетразена. Реакция получения.
26. Методы определения минимального инициирующего заряда.
27. Азотистоводородная кислота. Строение, свойства, методы синтеза.
28. Температурный ход реакции получения гремучей ртути. Влияние температуры слива.
29. Прямые и косвенные методы определения полноты детонации вторичных ВВ в капсюлях-детонаторах.
30. Технология получения ТНРС.
31. Органические азиды. Основные методы синтеза и свойства.
32. Строение гремучей ртути и ее химические, физические и взрывчатые свойства.
33. Получить купразол-4 и купразол-3. Условия получения этих соединений.
34. Строение и свойства ТНРС, область применения.
35. Иницирующие вещества класса диазосоединений. Основные представители и свойства.
36. Способы получения и свойства азида натрия.
37. Основные операции технологического процесса получения гремучей ртути.
38. Методы определения чувствительности ИВВ к нагреву.

39. Тетразен. Реакция получения, влияние кислотности среды.
40. Соли динитробензофуроксана. Метод получения и свойства.
41. Взрывчатые комплексные перхлораты амминатов Co(III) – CP и BNCP.
42. Иницирующие взрывчатые соединения на основе нитротетразола.
43. Диазодинитрофенол. Строение и свойства.
44. Тринитротриазидобезол и циануртриазид. Методы получения и свойства.
45. Циклические пероксиды ацетона. Методы получения и свойства.
46. Гексаметилентрипероксиддиамин. Метод синтеза, основные свойства.
47. Определение полноты детонации КД на бризантометре Каста.
48. Виды промышленного азида свинца. Условия получения.
49. Кристаллические модификации азида свинца. Спонтанный взрыв.
50. Химические свойства азида свинца. Методы уничтожения.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.4. Структура и пример экзаменационных билетов

Экзамен по дисциплине «Химия и технология иницирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ» проводится в 9 семестре и включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Билет для экзамена состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы экзамена оцениваются из максимальной оценки 40 баллов следующим образом: максимальное количество баллов за первый вопрос – 20 баллов, второй и третий по 10 баллов.

Пример экзаменационного билета.

«Утверждаю» Зав. кафедрой ХТОСА В.П. Синдицкий «__» _____ 202_г.	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Химия и технология иницирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ»
Билет № 25 1. Технология получения декстринового азида свинца 2. Методы определения чувствительности ИВВ к удару. 3. Назначение и конструкция капсулей-воспламенителей.	

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Теория горения и взрыва: высокоэнергетические материалы : учеб. пособие для вузов / В. В. Андреев, А. В. Гуськов, К. Е. Милевский, Е. Ю. Слесарева. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 325 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-04377-8 (электронный ресурс, режим доступа: <https://urait.ru/viewer/teoriya-goreniya-i-vzryva-vysokoenergeticheskie-materialy-492032#page/1>).
2. R. Matyas, J. Pachman, "Primary Explosives", Springer, 2013, 338 p. (электронный ресурс, режим доступа: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-28436-6>).

Б. Дополнительная литература:

1. Багал, Л. И. Химия и технология инициирующих взрывчатых веществ / Л. И. Багал. - М. : Машиностроение, 1975. - 456 с.
2. М.А. Илюшин, И.В. Целинский, А.А. Котомин, Ю.Н. Данилов «Энергонасыщенные вещества для средств инициирования». Учебное пособие, СПб, СПбГТИ(ТУ), 2013, 177 с.
3. Взрывчатые вещества, пиротехника, средства инициирования в послевоенный период: люди. Наука. Производство / ОАО "Нитро-Взрыв" ; Авт.-сост.: Ю.Г. Данилин и др.; Редкол.: Н.Г. Пузырев (предс.) и др. - 2-е изд. - М.:СПб. : Гуманистика, 2002. - 936 с.
4. Андреев, К. К. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ / К. К. Андреев. - 2-е изд., (перераб. и доп.). - М. : Наука, 1966. - 346 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Физика горения и взрыва. ISSN: 0430-6228

Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087

Journal of Energetic Materials. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822

Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 100);

банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 50);

Для проведения лабораторных занятий используются оборудование, экспериментальные установки, компьютеры и программное обеспечение кафедр ХТОСА и ХТВМС.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);

- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;;

- файлообменная система Google Диск – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);
- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Химия и технология инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер, проектор, экран) и учебной мебелью.

Для проведения лабораторного практикума используется оборудование, приборы и экспериментальные установки кафедры:

- вытяжные шкафы, химические столы, лабораторная посуда, защитные маски, сушильный шкаф КВС-100-250, весы аналитические лабораторные со встроенной калибровкой, весы технические ВЛТЭ-250, весы электронные SCOUTS C-2020, аквадистиллятор ДЭ-4-2М, верхнеприводные мешалки CAT R14, морозильная камера «Стинол», холодильник «Саратов» 125, бани электрические.

11.2. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: раздаточный материал к лабораторным работам.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса.

11.3. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each Academic Edition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Введение	<i>Знает</i> - основные понятия, определения, классификацию и области применения инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ.	Оценка за экзамен.
Раздел 1. Основные свойства инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ (ИВВ и БГВВ)	<i>Знает:</i> - химические, физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики основных представителей инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ; - методы испытания и определения основных характеристик инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ <i>Умеет:</i> - исследовать основные свойства инициирующих и быстрогорящих материалов;	Оценка за контрольную работу; оценка за экзамен.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	- прогнозировать потенциальные области применения новых соединений.	
Раздел 2. Основные представители ИВВ. Химические и взрывчатые свойства. Промышленные и лабораторные методы получения	<i>Знает:</i> - химические, физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики основных представителей инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ; - основные методы получения инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ. - правила безопасного обращения с этими материалами. <i>Умеет:</i> - синтезировать соединения класса инициирующих и быстрогорящих взрывчатых веществ. <i>Владеет:</i> - практическими навыками безопасной работы с инициирующими и быстрогорящими взрывчатыми веществами в лабораторных условиях. - информацией по производству инициирующих и быстрогорящих ВВ.	Оценка за контрольную работу; оценка за контрольный опрос по лабораторной работе; оценка за экзамен.
Раздел 3. Применение ИВВ. Средства инициирования (СИ)	<i>Знает:</i> - основные понятия, определения, классификацию средств инициирования и области их применения; <i>Умеет:</i> - прогнозировать потенциальные области применения новых инициирующих материалов; <i>Владеет:</i> - информацией по применению инициирующих и быстрогорящих ВВ.	Оценка за контрольную работу; оценка за экзамен.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Химия и технология инициирующих и быстрогорящих
взрывчатых веществ»

основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20___г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20___г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20___г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20___г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20___г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета

протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Химия энергонасыщенных соединений»

Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024 г.

Программа составлена:

доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,
Рудаковым Г.Ф.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	7
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	9
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	9
4.2. Содержание разделов дисциплины.	12
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	14
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	17
6.1. Практические занятия.....	17
6.2. Лабораторные работы	17
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	18
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения теоретических разделов дисциплины	18
8.2. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины	28
8.3. Образцы экзаменационных билетов.....	30
8.4. Примеры вопросов для контроля освоения лабораторного практикума	31
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	35
9.1. Рекомендуемая литература.....	35
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации	35
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	35
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	36
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	36
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:	36
11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:	37
11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	37
11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения	37
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ	38
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	42

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВО) высшего образования подготовки специалистов по специальности 18.05.01 – «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий», специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Дисциплина «Химия энергонасыщенных соединений» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Б1.В.01. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение двух семестров.

Изучение предмета базируется на знании общетеоретических дисциплин неорганической, органической, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии. В ходе обучения студенты приобретают навыки работы в лаборатории по синтезу и технологии энергонасыщенных соединений и работы с научной информацией по этому профилю.

Знания, полученные при изучении дисциплины, являются основой для последующего изучения дисциплин «Химия гетероциклических соединений азота», «Химическая технология бризантных ЭНС» и выполнения студентами специальных дисциплин, «Научно-исследовательский практикум», а также выпускной квалификационной работы.

Цель дисциплины «Химия энергонасыщенных соединений» – ознакомление обучающихся с общими принципами создания энергонасыщенных материалов (ЭМ) как химических аккумуляторов энергии (индивидуальных взрывчатых веществ (ВВ), компонентов смесевых ВВ, порохов и ракетных топлив), их физическими и химическими свойствами и способами получения ЭМ, относящихся к различным химическим классам, а также с принципами использования ЭМ в военных и мирных целях.

Задачи дисциплины:

- сформировать четкие представления о путях создания энергонасыщенных соединений, их структуре и эксплуатации;
- дать представления о перспективных направлениях поиска новых энергонасыщенных соединений, отвечающих современным требованиям.

Цель и задачи дисциплины достигаются с помощью ознакомления обучающихся:

1. с основными принципами конструирования энергонасыщенных материалов и требованиями к таким материалам различного назначения;
2. с современным состоянием науки об энергонасыщенных материалах;
3. с теоретическими основами процессов нитрования органических соединений, специальными разделами химии нитросоединений;
4. стратегией поиска новых энергонасыщенных соединений, отвечающих современным требованиям;
5. с принципиальными технологическими процессами получения энергонасыщенных соединений алифатического ряда и возможностями их использования в органическом синтезе.

Дисциплина «Химия энергонасыщенных соединений» преподается в 6 и 7 семестрах. Она включает лекции и практические занятия (6 семестр) и лабораторный практикум (7 семестр). Учет успеваемости обучающихся ведется по принятой в университете рейтинговой системе. Рабочая программа дисциплины может быть частично реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Химическая технология энергонасыщенных материалов изделий» направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Организация эффективного и безопасного ведения технологических процессов получения энергонасыщенных материалов и изделий; выполнение инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений; разработка мероприятий по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, по предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; организация и участие в испытаниях готовой продукции; контроль над соблюдением технологической	Технологические процессы получения энергонасыщенных материалов и изделий; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий; оборудование для производства и переработки энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения	26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: разработки, проектирования, наладки, эксплуатации и совершенствования средств, методов получения и способов применения энергонасыщенных материалов и изделий; промышленного и опытного производства индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов, исходных и промежуточных продуктов для их получения; промышленного и опытного производства изделий на основе энергонасыщенных материалов; эксплуатации и хранения энергонасыщенных материалов; надзора в области промышленной безопасности при получении и использовании энергонасыщенных материалов и изделий).

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
дисциплины, разбор случаев ее нарушения и анализ вызывающих их причин; подготовка и корректировка технологической документации; участие в проведении опытных работ по внедрению новых рецептур, методик, освоению новых стандартов, новых приборов; анализ расхода сырья и материалов, разработка мероприятий по их экономии и энергосбережению; участие в разработке мероприятий по снижению аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости, по механизации и автоматизации процессов.			нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов. ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. научно-технической информации и результатов исследований.

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

знать:

- основные принципы выбора новых энергонасыщенных материалов и создания технологических процессов их производства;
- основные источники сырья для получения энергонасыщенных соединений, методы их получения и требования к исходным продуктам;
- теоретические основы процессов нитрования и выбора аппаратного оформления процессов получения энергонасыщенных материалов;

уметь:

- прогнозировать перспективные пути синтеза энергонасыщенных соединений с заданными свойствами;
- обеспечивать безопасные условия работы с энергонасыщенными материалами;

владеть:

- практическими навыками получения энергонасыщенных материалов в лабораторных условиях и способами обеспечения безопасности экспериментатора и окружающих;
- современной информацией по производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом;
- навыками изучения и обобщения информации в области химии энергонасыщенных материалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Всего		6 семестр		7 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	10	324	5	180	5	180
Контактная работа – аудиторные занятия:	3.55	128	1.33	48	2.22	80
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>1.5</i>	<i>54</i>	-	-	<i>1.5</i>	<i>54</i>
Лекции (Лек)	0.89	32	0.89	32	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0.44	16	0.44	16	-	-
Лабораторные занятия (Лаб)	2.22	80	-	-	2.22	80
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2</i>	<i>72</i>	-	-	<i>2</i>	<i>72</i>
Самостоятельная работа:	5.45	196	2.67	96	2.78	100
Контактная самостоятельная работа	5.45	0.2	2,67		2.78	0.2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		195.8		96		99.8
Экзамен	1	36	1	36	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0.4	1	0.4	-	-
Подготовка к экзамену		35.6		35.6		-
Вид контроля:			Экзамен		Зачет	

Виды учебной работы	Всего		6 семестр		7 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	10	243	4	108	5	135
Контактная работа – аудиторные занятия:	3.55	96	1.33	36	2.22	60
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>1.5</i>	<i>40.5</i>	-	-	<i>1.5</i>	<i>40.5</i>
Лекции (Лек)	0.89	24	0.89	24	-	-
Практические занятия (ПЗ)	0.44	12	0.44	12	-	-
Лабораторные занятия (Лаб)	2.22	60	-	-	2.22	60
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>2</i>	<i>54</i>	-	-	<i>2</i>	<i>54</i>
Самостоятельная работа:	5.45	147	2.67	72	2.78	75
Контактная самостоятельная работа	5.45	0.15	2.67		2.78	0.15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		146.85		72		74.85
Экзамен	1	27	1	27	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0.3	1	0.3	-	-
Подготовка к экзамену		26.7		26.7		-
Вид контроля:			Экзамен		Зачет	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
	Введение	8		2				6
1.	Раздел 1. Основные положения	32	7	6	2			24
1.1	Современные представления о строении нитрогруппы. Теоретические основы нитрования.	18	3	3	1			12
1.2	Нитрующие реагенты и способы нитрования органических соединений. проблемы техники безопасности и экологии при получении нитросоединений.	14	4	3	1			12
2.	Раздел 2. Нитроалканы и нитроалкены	74	20	6	4	40	37	24
2.1	Физические и химические свойства нитроалканов. Основные методы получения. Технология парофазного нитрования углеводородов.	32	8	2	2	20	18	8
2.2	Строение, физические и химические свойства, способы получения и применение полинитроалканов. Технология нитроформа и тетранитрометана.	31	6	2	1	20	19	8

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
2.3	Физические свойства, особенности химического поведения, способы получения и применение жирноароматических нитросоединений и нитроолефинов.	11	6	2	1			8
3.	Раздел 3. Кислородсодержащие нитросоединения	39	5	6	2	15	13	15
3.1	Нитроспирты. Зависимость физических и химических свойств от строения, способы получения и применение. Технология нитроспиртов и аминспиртов на их основе.	21	3	3	1	10	9	8
3.2	Нитрокарбонильные соединения и нитрокарбоновые кислоты. Физические и химические свойства. Основные способы получения и применение.	18	2	3	1	5	4	7
4.	Раздел 4. Нитроамины	59	20	5	4	20	18	30
4.1	С-Нитроамины. Физические и химические свойства. Способы получения и применение. Использование в синтезе ЭМ.	19	10	2	2	10	9	15
4.2	N-Нитроамины. Строение, физические и химические свойства. Основные способы получения и применение. Свойства отдельных представителей. Технология нитрогуанидина.	40	10	3	2	10	9	15

		Академ. часов						
№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
5.	Раздел 5. Азиды	23	5	2	1			22
5.1	Строение, физические и химические свойства, способы получения и применение органических азидов.	23	5	2	1			22
6.	Раздел 6. Дифториамиды	18	5	2	1			15
6.1	Фторидующие и дифторидующие агенты. Способы получения и применение.	18	5	2	1			15
7.	Раздел 7 О-нитросоединения (нитроэфиры)	35	10	3	2	5	4	24
7.1	Строение, химические свойства, методы получения и применение нитроэфиров. Технология получения нитроглицерина.	23	10	2	1	5	4	14
7.2	Нитраты целлюлозы. Строение, свойства и способы получения.	12		1	1			10
	ИТОГО	288	72	32	16	80	72	160
	Экзамен	36						
	ИТОГО	324						

4.2. Содержание разделов дисциплины.

Введение

Краткая история развития химии и технологии энергоемких соединений. Роль энергоемких материалов (ЭМ) в развитии цивилизации. Современные требования к ЭМ. Конверсия оборонных производств, технологии двойного назначения.

Принципы "конструирования" индивидуальных энергоемких соединений. Представления о направленном синтезе ЭМ.

Раздел 1. Основные положения.

1.1 Современные представления о строении нитрогруппы и нитросоединений.

Теоретические основы нитрования. Механизм нитрования ароматических углеводов азотной кислотой и смесями на ее основе. Нитрование в гомогенных и гетерогенных условиях. Нитрование солями нитрония. N- и O-нитрование. Радикальное нитрование алифатических и ароматических углеводов в жидкой и паровой фазах, механизм процесса.

Влияние заместителей на кинетику, ориентацию и селективность при нитровании ароматических углеводов.

1.2 Нитрующие реагенты и способы нитрования органических соединений. Техника безопасности и проблемы охраны природы при получении нитросоединений.

Возможности физико-химических методов анализа при исследовании нитросоединений и процессов нитрования, использование их в системах управления технологическими процессами.

Представления о токсичности нитросоединений, зависимость величин ПДК от строения нитросоединений.

Раздел 2. Нитроалканы и нитроалкены.

2.1 Физические свойства нитроалканов, их зависимость от строения. Химические свойства нитроалканов. Современные представления о таутомерии нитросоединений, зависимость кислотности от строения, влияние среды. Галогенирование, нитрозирование, окисление, восстановление, гидролиз, реакции Михаэля, Анри, Манниха, 1,3-диполярное присоединение O-эфиров. Особенности алкилирования и ацилирования нитроалканов. Влияние условий реакции алкилирования на направление электрофильной реакции.

Основные способы получения. Реакции Мейера, Корнблума, Фойера, тер-Меера, Шехтера-Каплана, окисление органических соединений азота, реакция Понцио, нитрование СН-кислот в кислой и щелочной среде, нитрование неопределенных соединений, деструктивное нитрование. Технология парового нитрования углеводов.

2.2 Строение, физические и химические свойства, способы получения и применение нитрометана, динитрометана, нитроформа, тетранитрометана, гексанитроэтана. Технология нитроформа и тетранитрометана.

2.3 Физические свойства, особенности химического поведения, способы получения и применение жирноароматических нитросоединений

Неопределенные нитросоединения. Нитроалкены, нитродienes, нитроацетилены. Строение, особенности получения сопряженных и несопряженных неопределенных нитросоединений.

Раздел 3. Кислородсодержащие нитросоединения.

3.1 Нитроспирты.

Классификация нитроспиртов. Зависимость физических и химических свойств от строения, способы получения и применение. Технология нитроспиртов и аминосспиртов на их основе.

3.2 Нитрокарбонильные соединения. Синтез и химические свойства нитроальдегидов и нитрокетонов.

Нитрокарбоновые кислоты и их производные. Основные методы получения. Карбоксилирование нитроалканов, окисление нитроспиртов и нитроальдегидов, кислотный гидролиз полинитроалканов, реакции Кольбе, Понцио, Михаэля, окисление аминокислот.

Химических свойства нитрокарбоновых кислот. Декарбоксилирование, галогенирование, этерификация, восстановление, реакция Шмидта. Реакции по СН группе: алкилирование, реакции Анри, аза-Анри, Манниха, Михаэля. Синтез диазоэфиров нитрокислот. Взаимодействие с ортоэфирами (алкоксиметилирование). Применение в синтезе ЭМ.

Раздел 4. Нитроамины.

4.1 С-Нитроамины. Физические и химические свойства. Реакции с участием аминогруппы. Способы получения и применение. "Основания Манниха", их использование в синтезе ЭМ.

4.2 N-Нитроамины. Физические свойства. Строение и таутомерия. Химические свойства. Восстановление, гидролиз, алкилирование, ацилирование, галогенирование, нитрование в кислой и щелочной среде, реакции Анри, Манниха и Михаэля. Способы получения. Механизмы N-нитрования первичных, вторичных и третичных аминов. Применение в синтезе ЭМ.

Раздел 5. Азиды.

5.1 Классификация органических азидов. Строение, физические и химические свойства. Восстановление, термоллиз, 1,3-диполярное циклоприсоединение, ацидолиз, взаимодействие с нуклеофилами, диазаперенос, реакция Штаудингера, реакция Кадогана, перегруппировка Курциуса.

Азидирующие агенты. Основные способы получения органических азидов. Нуклеофильное замещение, реакция Мицунобу, реакции диазапереноса, раскрытие эпоксидов и азиридинов. Присоединение к активированной и неактивированной двойной связи, взаимодействие азотистоводородной кислоты с алкоксиацетиленами и кетонами. Радикальное азидирование.

Методы получения ароматических азидов. Особенности нуклеофильного замещения, нитрозирование арилгидразинов, сочетание солей диазония с аминами и азидами. Синтез ацилазидов.

Применение алифатических и ароматических азидов в синтезе ЭМ. Получение глицедилазидополимеров, поли(азидометил)оксетанов, 1,2,5-триазидо-1,3,5-тринитробензола и пикрилазида.

Раздел 6. Дифторамины.

6.1 Фторирующие и дифтораминирующие агенты. Достоинства и недостатки. Проблемы безопасности.

Способы получения ароматических и алифатических дифтораминов. Фторирование нитроанилинов. Дифторамирование алканов, алкенов, спиртов, ацеталей, гем-динитроалканов и эфиров карбоновых кислот. Применение органических дифтораминов.

Раздел 7. О-Нитросоединения (нитроэфиры).

7.1 Зависимость физических свойств от строения, токсичность. Химические свойства нитроэфиров. Переэтерификация, восстановление, гидролиз, термическое разложение, нуклеофильное замещение.

Способы получения нитроэфиров. Кислотное нитрование спиртов, линейных и циклических эфиров спиртов. Нитрование параформа, 1,3-диоксанов, 1,3,5-триоксанов,

замещенных оксиранов и оксетанов. Заместительное нитрование и нуклеофильное замещение. Присоединение по двойной связи азотной кислоты и нитрат-аниона.

Глицеринтринитрат (нитроглицерин). Свойства и применение. Конструкционные особенности нитратов. Технология жидких нитроэфиров (инжекторный метод).

7.2 Нитраты целлюлозы. Строение целлюлозы. Свойства и способы получения нитратов целлюлозы различной степени этерификации. Особенности технологии нитратов целлюлозы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы						
	1	2	3	4	5	6	7
Знать:							
основные принципы выбора новых энергонасыщенных материалов и создания технологических процессов их производства	+	+	+	+	+	+	+
основные источники сырья для получения энергонасыщенных соединений, методы их получения и требования к исходным продуктам		+	+	+	+	+	+
теоретические основы процессов нитрования и выбора аппаратурного оформления процессов получения энергонасыщенных материалов	+	+	+	+			+
Уметь:							
прогнозировать перспективные пути синтеза энергонасыщенных соединений с заданными свойствами			+	+	+	+	+
обеспечивать безопасные условия работы с энергонасыщенными материалами	+	+	+	+	+	+	+
Владеть:							
практическими навыками получения энергонасыщенных материалов в лабораторных условиях и способами обеспечения безопасности экспериментатора и окружающих		+	+	+	+	+	+
современной информацией по производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом	+		+	+	+	+	+
навыками изучения и обобщения информации в области химии энергонасыщенных материалов			+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Разделы						
		1	2	3	4	5	6	7
ПК-5 Способен применять знания по химии и технологии индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов их исходных продуктов и отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых взрывчатых материалов и изделий	ПК-5.1 Знает теоретические основы процессов нитрования; исходные продукты, основные методы и технологические процессы получения индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов различных классов; основные принципы выбора новых энергонасыщенных соединений и создания технологических процессов их производства; аппаратное оформление процессов получения энергонасыщенных материалов различных классов;	+	+	+	+	+	+	+
	ПК-5.2 Умеет синтезировать основные энергонасыщенные материалы различных классов; подбирать необходимые исходные продукты, выполнять расчеты основных параметров технологических процессов получения нитросоединений; исследовать основные свойства и прогнозировать потенциальные области применения новых энергонасыщенных материалов различных классов; предлагать рецептуры составов для определённой области применения; прогнозировать пути совершенствования технологий получения, снаряжения, применения энергонасыщенных материалов;	+	+	+	+	+	+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:		Разделы						
		1	2	3	4	5	6	7
	ПК-5.3 Владеет актуальной информацией по организации и объему производства индивидуальных и смесевых взрывчатых материалов, исходных продуктов и компонентов в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химической технологии индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов	+	+	++	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине «Химия энергонасыщенных соединений» в объеме 16 часов (0.45 зач. ед.) в 6 семестре. Практические занятия проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных занятиях, приобретение навыков решения ряда практических задач в области получения энергонасыщенных материалов.

Примерный перечень практических занятий

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий	Часы
1	1.1 1.2	Механизмы нитрования органических соединений. Выбор нитрующих реагентов и смесей.	2
2	2.1	Нитроалканы как полупродукты синтеза органических соединений. Основные методы получения нитроалканов.	2
3	2.2 2.3	Методы получения полинитроалканов. Синтез и химические свойства сопряженных и несопряженных нитроалкенов. Реакция Михаэля.	2
4	3.1 3.2	Механизм реакции Анри. Применение кислородсодержащих нитросоединений в синтезе ЭМ.	2
5	4.1	Механизм реакции Манниха и ее применение в синтезе энергонасыщенных соединений.	2
6	4.2	Особенности синтеза N-нитроаминов и их использование в качестве ЭМ.	2
7	5.1 и 6.1	Синтез и свойства органических азидо и дифтораминов. Достоинства и недостатки.	2
8	7.1, 7.2	Место нитроэфиров в ряду ЭМ.	2

6.2. Лабораторные работы

Лабораторный практикум по дисциплине «Химия энергонасыщенных соединений» выполняется в соответствии с Учебным планом в 7 семестре и занимает 80 акад. ч. Лабораторные работы охватывают 4 раздела дисциплины. В практикум входит 11 работ, примерно от 5 до 20 ч. на каждую работу в зависимости от трудоемкости. В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Лабораторные работы проводятся под руководством преподавателей и направлены на углубление теоретических знаний, полученных студентом на лекционных и практических занятиях, и приобретения навыков экспериментальной работы по синтезу энергонасыщенных соединений.

Текущий контроль освоения лабораторного практикума осуществляется по результатам трех контрольных опросов и итоговой контрольной работы и завершается зачетом. В итоге обучающийся суммарно может набрать 100 баллов.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	
2.1-2.2	1. Синтез динитрометана.	20
	2. Синтез нитроформа.	20
3.1	1. Синтез 2-(гидроксиметил)-2-нитропропан-1,2-диола.	5
	2. Синтез 2,2-динитро-1,3-пропандиола.	5
3.2	1. Синтез метилового эфира тринитромасляной кислоты.	5
4.2	1. Синтез нитромочевина.	5
	2. Синтез нитрогуанидина.	5
	3. Синтез этилендинитрамина (ЭДНА).	5
	4. Синтез 1,3-динитро-1,3-дизаацетопентана.	5
	5. Синтез 1,3,5,5-тетранитрогексагидропиримидина.	5
7.1 и 4.2	1. Синтез N,N-бис(2-нитроксипропил)-N-нитроамина (ДИНА).	10

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Химия энергонасыщенных соединений» предусмотрена самостоятельная работа студента специалитета в объеме 96 ч. в 6 семестре и 100 ч. в 7 семестре плюс 36 ч. (подготовка к экзамену). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

Форма самостоятельной работы	Объем часов
Анализ и усвоение лекционного материала	48
Работа с учебной и научной литературой	48
Подготовка к контрольным работам	50
Подготовка к лабораторным работам	50

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в 6-ом семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме экзамена (максимальная оценка 40 баллов). В 7-ом семестре оценка по дисциплине складывается из оценок за лабораторного практикума (максимальная оценка 100 баллов).

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения теоретических разделов дисциплины

Для текущего контроля теоретических разделов дисциплины в 6 семестре предусмотрено 3 контрольных работы (КР) по всем разделам дисциплины. Максимальная оценка за контрольные работы составляет по 20 баллов за каждую.

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 60 баллов:

Вид контроля	КР №1	КР №2	КР №3	Σ
Баллы	20	20	20	60

Раздел	Примеры вопросов к контрольным работам
Раздел 1. Основные положения	1. Требования, предъявляемые к взрывчатым материалам. 2. Эксплозифорные группы. 3. Принципы конструирования энергоемких материалов. 4. Строение нитрогруппы. 5. Строение нитрующих агентов. 6. Строение нитросоединений. 7. Таутомерия нитросоединений. 8. Нитрующие агенты. 9. Способы нитрования органических соединений, 10. Технологическая безопасность и охрана окружающей среды при производстве нитросоединений. 11. Механизмы нитрования ароматических углеводородов. 12. Механизмы нитрования алифатических углеводородов. 13. Механизм нитрования спиртов. 13. Механизмы нитрования аминов и их производных. 13. Методы получения азотного ангидрида. 16. Влияние соотношения реагентов на природу нитрующего агента в смесях уксусного ангидрида с азотной кислотой. 17. Физические свойства нитросоединений. 18. Токсичность и ее связь со строением нитросоединений.
Раздел 2. Нитроалканы и нитроалкены	1. Химические свойства алифатических нитросоединений. 2. Гидролиз нитроалканов. 3. Восстановление нитроалканов. 4. Нитрозирование нитроалканов. 5. Галогенирование нитроалканов. 6. Реакции димеризации. 7. Нитрование первичных и вторичных нитроалканов. 8. Окислительное азидирование. 9. Механизм реакции Анри. 10. Механизм реакции Михаэля. 11. Механизм реакции Манниха. 12. Применение реакции Анри в синтезе ЭМ. 13. Применение реакции Михаэля в синтезе ЭМ.

Раздел	Примеры вопросов к контрольным работам
	14. Применение реакции Манниха в синтезе ЭМ. 15. Основные методы получения алифатических нитросоединений. 16. Реакции Мейера, Корнблума, Коновалова, парофазное нитрование алканов и циклоалканов, окисление аминов, методы Эммонса и Иффланда. 17. Нитрование СН-кислот. 18. Синтез и свойства полинитроалканов. 19. Методы получения и технология нитроформа и тетранитрометана. 20. Жирноароматические нитросоединения. Химические свойства, способы получения и применение в синтезе ЭМ. 21. Строение, физические и химические свойства нитроалкенов. 22. Способы получения нитроалкенов. 23. Применение непредельных нитросоединений в синтезе ЭМ.
Раздел 3. Кислородсодержащие нитросоединения	1. Строение и физические свойства нитроспиртов. 2. Химические свойства нитроспиртов. 3. Применение нитроспиртов в синтезе ЭМ., нитрокислоты, 4. Строение и физические свойства нитрокарбонильных соединений. 5. Химические свойства нитрокарбонильных соединений. 6. Применение нитрокарбонильных соединений в синтезе ЭМ. 7. Строение и физические свойства нитрокарбоновых кислот. 8. Химические свойства нитрокарбоновых кислот и их производных. 9. Применение нитрокарбоновых кислот в синтезе ЭМ.
Раздел 4. Нитроамины	1. С-Нитроамины. Физические и химические свойства. Реакции с участием аминогруппы. 2. Способы получения и применение С-нитроамины. 3. Основания Манниха и их использование в синтезе ЭМ. 4. N-Нитроамины. Физические свойства. Строение и таутомерия. 5. Химические свойства N-нитроаминов. Восстановление, гидролиз, алкилирование, ацилирование, галогенирование, нитрование в кислой и щелочной среде, реакции Анри, Манниха и Михаэля. 6. Способы получения N-нитроаминов. 7. Механизмы N-нитрования первичных, вторичных и третичных аминов. 8. Применение N-нитроаминов. 9. Свойства, способы получения и применение этилендинитрамина (ЭДНА). 10. Свойства, способы получения и применение метилендинитрамина (МЕДИНА). 11. Свойства, способы получения и применение ДИНА. 12. Свойства, способы получения и применение нитрогуанидина 13. Методы получения N,N-динитраминов. Варианты синтеза АДНА.

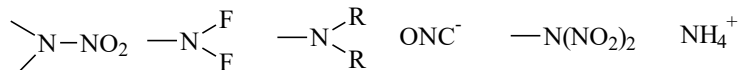
Раздел	Примеры вопросов к контрольным работам
Раздел 5. Азиды	1. Строение и химические свойства органических азидов. 2. Основные методы получения органических азидов. 3. Синтез и свойства ароматических азидов. 4. Применение азидов в синтезе ЭМ.
Раздел 6. Дифтораминаы	1. Строение и химические свойства дифтораминов. 2. Методы получения органических дифтораминов. 3. Основные фторирующие и дифтораминирующие агенты. Синтез и свойства. 4. Применение органических дифтораминов
Раздел 7. О-Нитросоединения (нитроэфиры)	1. Зависимость физических свойств от строения. 2. Химические свойства нитроэфиров. Переэтерификация, восстановление, гидролиз, термическое разложение. 3. Способы получения нитроэфиров. 4. Применение нитроэфиров, токсичность. 5. Глицеринтринитрат (нитроглицерин). Свойства и применение. 6. Инжекторный метод получения жидких нитроэфиров. 7. Нитраты целлюлозы. Свойства и способы получения нитратов целлюлозы различной степени этерификации. 8. Особенности технологии нитратов целлюлозы.

Примеры контрольных работ

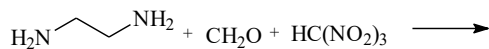
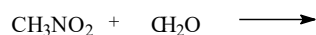
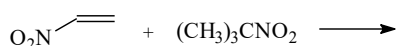
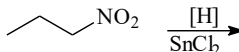
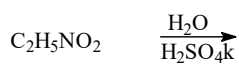
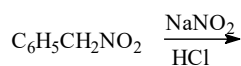
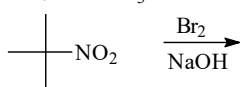
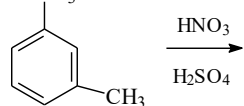
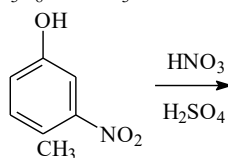
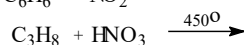
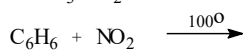
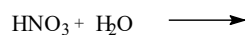
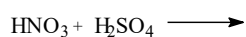
Контрольная работа по содержанию раздела 1 и 2 (КР № 1)

Вариант 1

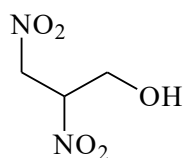
1. Обведите взрывоопасные группы:



2. Допишите уравнения реакций, если они возможны. Если реакция, по Вашему мнению, не идет, перечеркните стрелку, если она равновесна, поставьте знак равновесия. Укажите КОНЕЧНЫЕ продукты реакции для указанных условий и назовите их.



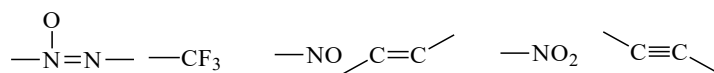
3. Напишите ВСЕ возможные названия соединения:



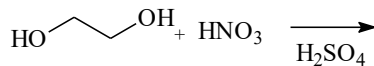
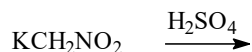
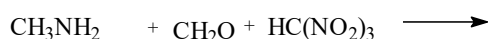
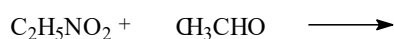
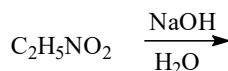
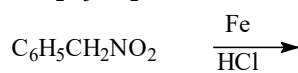
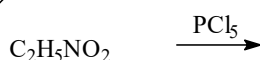
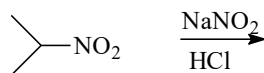
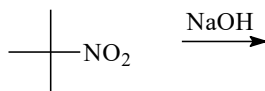
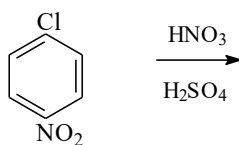
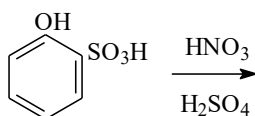
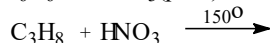
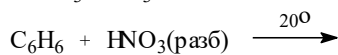
4. Все нитроалканы хорошие растворители? ДА НЕТ

5. Все нитроалканы способны к таутомерии? ДА НЕТ

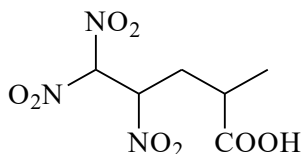
1. Обведите взрывоопасные группы:



2. Допишите уравнения реакций, если они возможны. Если реакция, по Вашему мнению, не идет, перечеркните стрелку, если она равновесна, поставьте знак равновесия. Укажите КОНЕЧНЫЕ продукты реакции для указанных условий и назовите их.



3. Напишите ВСЕ возможные названия соединения:



4. Все нитроалканы являются сильнодействующими ядовитыми веществами? ДА НЕТ

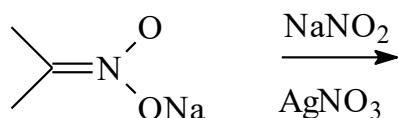
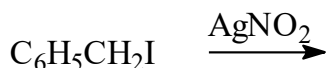
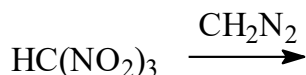
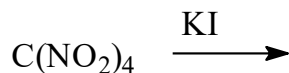
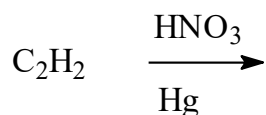
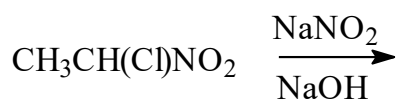
5. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при проведении процессов нитрования?

Вопрос	1	2	3	4	5	Σ
Баллы	1	16	1	1	1	20

Контрольная работа по содержанию раздела 2 и 3 (КР № 2)

Вариант 1

1. Допишите уравнения реакций, если они возможны. Если реакция, по Вашему мнению, не идет, перечеркните стрелку, если она равновесна, поставьте знак равновесия. Укажите КОНЕЧНЫЕ продукты реакции для указанных условий и назовите их.

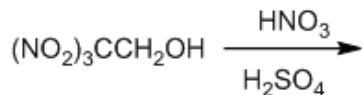
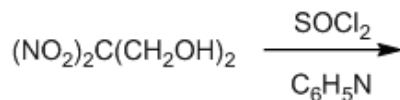
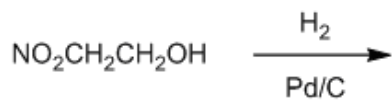
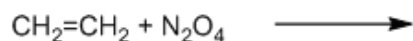
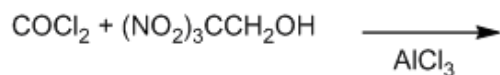
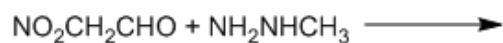
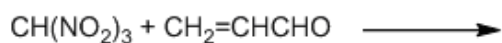
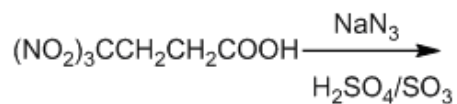


2. Какова оптимальная температура при парофазном нитровании:

Этана

Вариант 2

1. Допишите уравнения реакций, если они возможны. Если реакция, по Вашему мнению, не идет, перечеркните стрелку, если она равновесна, поставьте знак равновесия. Укажите КОНЕЧНЫЕ продукты реакции для указанных условий и назовите их.



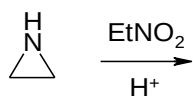
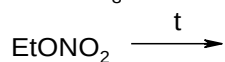
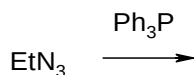
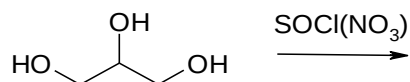
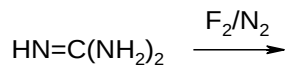
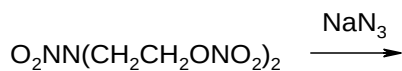
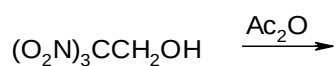
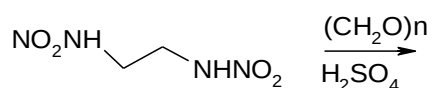
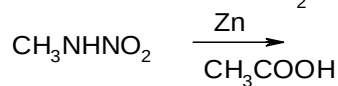
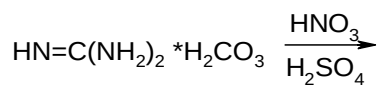
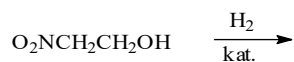
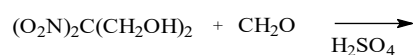
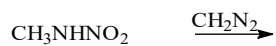
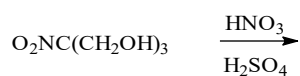
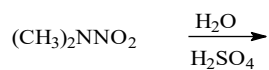
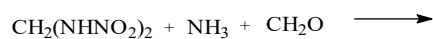
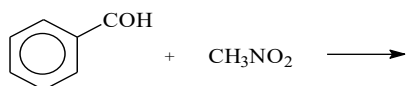
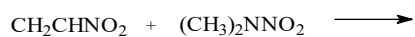
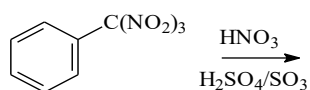
2. Какое соотношение реагентов используют при парофазном нитровании пропан-бутановой смеси:

Оценочный материал по контрольной работе №2

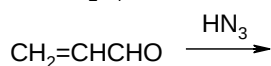
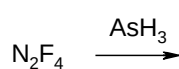
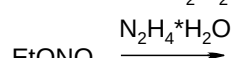
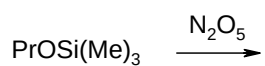
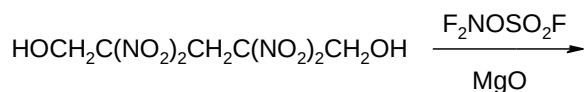
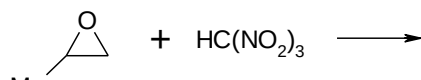
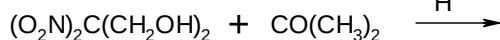
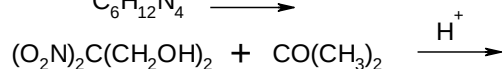
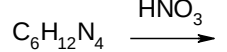
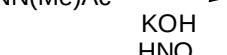
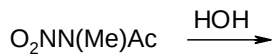
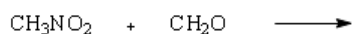
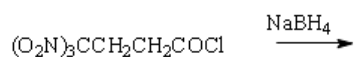
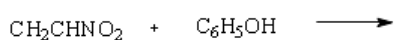
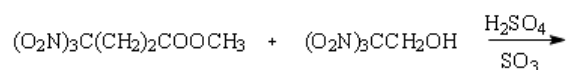
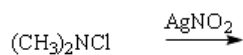
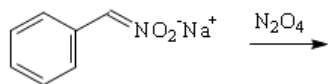
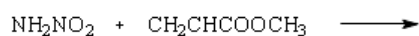
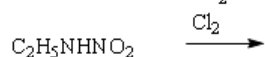
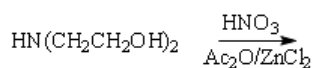
Вопрос	1	2	Σ
Баллы	18	2	20

Контрольная работа по содержанию разделов 4-7 (КР № 3)

Вариант 1



Вариант 3



Оценочный материал по контрольной работе №3

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Σ
Баллы	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20

8.2. Вопросы для итогового контроля освоения теоретических разделов дисциплины

Учебным планом подготовки по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота» в качестве итогового контроля освоения теоретических разделов по дисциплине «Химия энергонасыщенных соединений» в 6 семестре предусмотрен экзамен. Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов. Экзаменационный билет содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 14 баллов, вопрос 2 – 14 баллов, вопрос 3 – 12 баллов.

Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины

1. Принципы создания индивидуальных энергоемких соединений.
2. Современные требования к ЭКС.
3. Теоретические основы нитрования органических соединений.
3. Нитрующие реагенты и техника нитрования органических соединений.
5. Деструктивное нитрование как способ синтеза полинитросоединений.
6. Особенности нитрования ароматических углеводородов.
7. Радикальное нитрование: механизм, условия проведения.
8. Нитрование соединений с подвижным атомом водорода (С-Н кислоты) в кислой и щелочной среде: реагенты, механизмы протекающих реакций, применение в синтезе ЭКС.
9. Пути использования нитроалканов в научно-технических процессах.
10. Нитроалканы – полупродукты органического синтеза.
11. Химические свойства нитроалканов.
12. Двойственная природа нитроалканов на примере их реакционной способности.
13. Реакция Манниха: механизм и применение в синтезе ЭКС.
14. Реакция Михаэля: механизм и применение в синтезе ЭКС.
15. Реакция Анри: механизм и применение в синтезе ЭКС.
16. Нитрометан: получение, физические и химические свойства.
17. Способы получения нитроалканов.
18. Получение гем-динитросоединений.
19. Динитрометан: получение, физические и химические свойства.
20. Химические свойства нитроформа.
21. Нитроформ: физические свойства, получение и применение в синтезе ЭКС.
22. Тетранитрометан: свойства, получение, применение.
23. Технология парофазного нитрования углеводородов.
24. Технология тетранитрометана.
25. Технология нитроформа.
26. Технология гем-динитроэтана по реакции тер-Меера.
27. Особенности синтеза жирноароматических нитросоединений.
28. Нитроолефины: способы получения, применение в синтезе ЭКС.

29. Нитроспирты: свойства, способы получения, применение в синтезе ЭКС.
30. Химические свойства нитроспиртов.
31. Нитроокислоты: физические и химические свойства, получение, применение в синтезе ЭКС.
32. Нитрокарбонильные соединения: получение, применение в синтезе ЭКС.
33. Технология нитроспиртов и аминоспиртов на их основе.
34. Строение и свойства С- и N-нитроаминов.
35. С-нитроамины: получение и химические свойства.
36. N-нитрамини: свойства, способы получения, применение в синтезе ЭКС.
37. Особенности синтеза N-нитраминов.
38. Связь строения N-нитраминов с их реакционной способностью.
39. Химические свойства первичных нитраминов.
40. Химические свойства N-нитраминов.
41. Способы получения N-нитраминов.
42. ЭДНА: свойства, получение, применение.
43. ДИНА: свойства, получение, применение.
44. МЕДИНА: свойства, получение, применение.
45. Нитрогуанидин: свойства, получение и применение.
46. Технология нитрогуанидина.
47. Нитромочевина: свойства, получение, применение.
48. Получение циклических N-нитраминов.
49. Бис(тринитроэтил)мочевина: свойства, получение и применение.
50. Производные азотистоводородной кислоты: свойства, получение, применение.
51. Органические азиды: методы получения, применение.
52. Дифторамина. Синтез и химические свойства.
53. О-нитросоединения: свойства, получение, применение.
54. Инжекторный вариант технологии жидких нитроэфиров.
55. Нитроклетчатка: свойства, получение, применение.

Полный перечень оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

8.3. Образцы экзаменационных билетов

Итоговый контроль освоения материала дисциплины в 6 семестре проводится в форме устного итогового экзамена. Экзамен по дисциплине «Химия энергонасыщенных соединений» включает контрольные вопросы по всем разделам рабочей программы дисциплины. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов, относящихся к разным разделам дисциплины. Вопросы билета предусматривают развернутые ответы обучающегося по обозначенной тематике. Ответ на первые два вопроса оценивается по 14 баллов, а третий вопрос – 12 баллов. Суммарная максимальная оценка 40 баллов. Общая оценка освоения дисциплины в 6 семестре складывается путем суммирования оценок текущего контроля и ответа на экзамене. Максимальная оценка по дисциплине – 100 баллов.

<i>«Утверждаю»</i> <i>Зав. кафедрой ХТОСА</i> <i>В.П. Синдицкий</i> _____ «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Химия энергонасыщенных соединений»
Билет №1 1. Нитрование соединений с подвижным атомом водорода (С-Н кислоты) в кислой и щелочной среде: реагенты, механизмы протекающих реакций, применение в синтезе ЭКС. 2. ДИНА: свойства, получение, применение. 3. Технология нитроспиртов и аминоспиртов на их основе	

<i>«Утверждаю»</i> <i>Зав. кафедрой ХТОСА</i> <i>В.П. Синдицкий</i> _____ «__» _____ 20__ г.	Министерство науки и высшего образования и РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра химии и технологии органических соединений азота 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий Специализация №1 «Химическая технология органических соединений азота» Дисциплина «Химия энергонасыщенных соединений»
Билет №4 1. Строение и свойства С- и N-нитроаминов. 2. Нитроформ: физические свойства, получение и применение в синтезе ЭКС. 3. Инжекторный вариант технологии жидких нитроэфиров.	

8.4. Примеры вопросов для контроля освоения лабораторного практикума

В качестве итогового контроля выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Химия энергонасыщенных соединений» учебным планом подготовки предусмотрен зачет. Итоговая оценка складывается из оценок результатов трех контрольных опросов (КО) по защите лабораторных работ (№№ 1-3)) и итоговой контрольной работы.

По итогам текущего контроля в семестре обучающийся суммарно может набрать 100 баллов:

Контроль	КО №1	КО №2	КО №3	КР	Σ
Баллы	20	20	20	40	100

Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

КО №1

1. Способы очистки твердых веществ
2. Способы очистки жидких веществ
3. Варианты сушки жидких и твердых соединений
4. Определение плотности жидких и твердых веществ
5. Способы контроля за ходом реакции
6. Определение температуры плавления и кипения полученных соединений
7. Экстракция, различные способы выделения веществ
8. Препаративная хроматография
9. Тонкослойная хроматография
10. Перекристаллизация, как способ очистки твердых веществ
11. Перегонка, как способ очистки жидких веществ
12. Ректификация, основные понятия
13. Перегонка под вакуумом. Аппаратурное оформление и особенности проведения
14. Охлаждающие смеси
15. Осушающие агенты
16. Нагревательные устройства
17. Коэффициент преломления, как способ идентификации и определения чистоты жидких соединений
18. Варианты выделения твердых веществ из реакционной среды
19. Сублимация. Особенности проведения и аппаратурное оформление.

КО №2

1. Какие классы органических соединений используются в качестве исходных продуктов при синтезе гем-динитроалканов.
2. Какие продукты образуются при взаимодействии нитроэтана с тетранитромеганом.

3. Какие классы органических соединений используются в качестве исходных продуктов при синтезе нитроалканов в лабораторных условиях.
4. Какая реакция может быть использована для качественного определения и разделения моонитросоединений.
5. Каков механизм реакции Анри.
6. Какие продукты образуются при гидролизе нитроалканов в разбавленной серной кислоте.
7. Какие нитрующие агенты могут образовываться в уксусно-ангидридных нитрующих смесях.
8. Какие продукты образуются при взаимодействии вторичных нитроалканов с азотистой кислотой.
9. Каков механизм реакции Михаэля.
10. Какие классы органических соединений используются в качестве исходных продуктов при получении оснований Манниха.
11. Какие продукты образуются при взаимодействии солей нитроалканов с газообразным хлором в воде.
12. Какими кислотно-основными свойствами обладают третичные нитроалканы.
13. Какие классы органических соединений используются в качестве исходных продуктов при синтезе 1,2-динитроалканов.
14. Какие продукты образуются при взаимодействии иодистого метила с нитроэтаном в присутствии оснований.
15. Каков механизм парофазного нитрования н-бутана.
16. Какие классы органических соединений используются при синтезе вторичных нитроалканов.
17. Какие реагенты необходимы для проведения реакции Манниха с нитроалканами.
18. Какие соединения образуются при взаимодействии нитрометана с формальдегидом в присутствии оснований.
19. Какие продукты образуются при взаимодействии гем-тринитроалканов с иодидом калия.
20. Каков механизм нитрования алканов разбавленной азотной кислотой.

КО №3

1. Какие нитрующие агенты следует использовать при нитровании первичных аминов.
2. Какой путь наиболее удобен для получения 1,2-ди(нитрамино)алканов.
3. Какие продукты образуются при гидролизе нитраминов в разбавленной серной кислоте.
4. Какие продукты образуются при взаимодействии моно и динитраминов с формальдегидом в присутствии основания.
5. Какие способы снижения основности аминогруппы используют при N-нитровании первичных аминов.
6. Какой нитрующий агент следует использовать для нитролиза 1,3,5-триметил-1,3,5-триазадициклогексана.
7. Какими кислотно-основными свойствами обладают нитрамины.
8. Какие продукты образуются при конденсации нитраминов с формальдегидом в присутствии серной кислоты.

9. Чем объясняется каталитическое влияние хлоридов при N-нитровании.
10. Какие нитрующие агенты могут использоваться для получения N,N-динитроаминов.
11. Что такое таутомерия алкилнитраминов.
12. Какие компоненты необходимы для проведения реакции Манниха с нитраминами.
13. Какие реагенты используют для получения первичных аминов в некислых средах.
14. В каких условиях происходит нитрование оснований Манниха.
15. Какие продукты преимущественно образуются при восстановлении нитраминов.
16. Какой продукт образуется при присоединении метилнитрамина к метиловому эфиру акриловой кислоты.
17. Какие нитрующие агенты целесообразно использовать для получения вторичных нитраминов непосредственно из вторичных аминов.
18. Можно ли использовать нитракиды в качестве нитрующих агентов.
19. Какие продукты образуются при действии хлора на водные растворы солей нитраминов.
20. Какие продукты образуются при взаимодействии метилендинитрамина с формальдегидом и метиламином.
21. Какие побочные продукты образуются при каталитическом нитровании сильноосновных вторичных аминов.
22. В каких условиях нитруются амиды карбоновых кислот.
23. Каков механизм кислотного гидролиза алифатических нитраминов в среде разбавленной серной кислоты.
24. По какому атому преимущественно происходит алкилирование серебряных солей нитраминов.
25. Какие нитрующие агенты целесообразно использовать при нитролизе третичных аминов.
26. Какие методы удаления защитных групп при получении нитраминов используют на практике.
27. Какие продукты образуются при термическом разложении первичных нитраминов.
28. Какой продукт образуется при взаимодействии пикрилхлорида с калиевой солью метилнитрамина.

Примерный перечень вопросов для итоговой контрольной работы

Вариант 1.

1. Какие нитрующие агенты используются при нитровании алканов.
2. Механизм N-нитрования на примере ацетамида.
3. Механизм реакции Коновалова на примере n-пропана.
4. Какова роль концентрации серной кислоты при нитровании спиртов.
5. Какова роль низкой температуры при синтезе нитромочевина.

Вариант 2.

1. Природа нитрующего агента в уксусно-ангидридных нитрующих смесях.
2. Что такое «окислительное» нитрование.

3. Проведите сравнение механизмов N-и C-нитрования.
4. Какие реагенты пригодны для проведения щелочного нитрования.
5. Меры предосторожности при проведении реакции нитрования.

Вариант 3.

1. Какие нитрующие агенты используются при синтезе нитроспиртов.
2. Природа и роль катализатора при нитровании сильноосновных аминов.
3. Особенности проведения деструктивного нитрования.
4. Приведите доказательства обратимости O-нитрования.
5. Роль концентрации серной кислоты при синтезе нитромочевина.

Вариант 4.

1. Условия проведения реакции нитрования солями нитрония (примеры).
2. Механизм нитрования ароматических соединений на примере толуола.
3. Особенно нитрования третичных аминов на примере уротропина.
4. Приведите пример щелочного нитрования.
5. Роль серной кислоты в синтезе нитромочевина из ее азотнокислой соли.

Вариант 5.

1. Расположите в ряд безопасности основные нитрующие смеси и обоснуйте.
2. Механизм O-нитрования.
3. Условия проведения газофазного нитрования бутана.
4. Какова природа нитрующего агента в серно-азотных кислотных смесях.
5. Оборудование для проведения реакции нитрования в лаборатории.

Вариант 6.

1. Какие нитрующие системы можно использовать при нитровании СН-кислот.
2. Что такое нитролиз.
3. Как можно доказать обратимость N-нитрования.
4. Особенности нитрования алкенов.
5. Строение азотного ангидрида в различных средах.

Оценочный материал к КР.

Вопрос	1	2	3	4	5	Σ
балл	8	8	8	8	8	40

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

Основная:

1. Жилин В.Ф., Збарский В.Л., Юдин Н.В. Малочувствительные взрывчатые вещества: учеб. пособие. М.: РХТУ, 2008. –170с (базовый учебник).
2. Шарнин Г.П., Фаляхов И.Ф., Юсупова Л.М., Ларионова О.А. Химия энергоемких соединений. Книга 2. N-, O-нитросоединения, фуроксаны, фуразаны, азиды, диазосоединения [Электронный ресурс]: учебное пособие Казань : КНИТУ, 2011. – 376 с. –**Режим доступа:** <https://e.lanbook.com/book/73486>.
3. Травень, В.Ф. Органическая химия. В 3 т. Т. 3 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ф. Травень. – Электрон. дан. – Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. – 391 с. **Режим доступа:** <https://e.lanbook.com/book/84110>.
4. Травень, В. Ф. Органическая химия: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Химическая технология и биотехнология" и химико-технологическим направлениям подготовки дипломированных специалистов: учебник для вузов: В 2-х т / В. Ф. Травень. - М. : Академкнига. Т.2. 2004. – 587 с.
5. Орлова Е.Ю. Химическая технология бризантных взрывчатых веществ. Учебник для ВУЗов. Изд. Л.: Химия, 1981. – 311с (базовый учебник).

Дополнительная:

1. Жилин В.Ф., Орлова Е.Ю. и др. Руководство к лабораторному практикуму по синтезу нитросоединений. РХТУ им. Менделеева. М., 2007. – 238 с.
2. Фойер Г. Химия нитро- и нитрозогрупп. М.: Мир, т.1, 1972. – 536с.
3. Фойер Г. Химия нитро- и нитрозогрупп. М.: Мир, т.2, 1973. – 299с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

1. Известия Академии наук. Серия химическая ISSN 0002-3353.
2. Боеприпасы и спецхимия ISSN 1995-154X.
3. Кинетика и катализ ISSN 0453-8811.
4. Журнал органической химии ISSN 0514-7492.
5. Journal of the American Chemical Society ISSN 0002-7863 (print), 1520-5126 (online).
6. Tetrahedron ISSN 0040-4020 (online).
7. European Journal of Organic Chemistry ISSN 1434-193X (print), 1099-0690 (online).
8. Asian Journal of Organic Chemistry ISSN 2193-5807 (online).
9. Propellants, Explosives, Pyrotechnics ISSN 1521-4087 (online).
10. Journal of Energetic Material ISSN: 0737-0652 (print), ISSN: 1545-8822 (online).
11. Central European Journal of Energetic Materials. ISSN 1733-7178 (print), ISSN 2353-1843 (online)

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлен банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины и банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины.

Для проведения лабораторных занятий используются оборудование, экспериментальные установки, компьютеры и программное обеспечение кафедры ХТОСА.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muctr.ru/> (дата обращения: 22.03.2022);
- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);
- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Химия энергонасыщенных соединений» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

Для проведения лабораторного практикума используется оборудование, приборы и экспериментальные установки кафедры:

- вытяжные шкафы, химические столы, лабораторная посуда, защитные маски, сушильный шкаф КВС-100-250, весы аналитические лабораторные со встроенной калибровкой, весы технические ВЛТЭ-250, весы электронные SCOUTS C-2020, аквадистиллятор ДЭ-4-2М, установки для титрования, термостаты, верхнеприводные мешалки САТ R14, морозильная камера «Стинол», холодильник «Саратов» 125, приборы для определения температуры плавления, колбонагреватели, бани электрические, пластины для тонкослойной хроматографии (Сорбфил), УФ-спектрометр ПЭ-6100УФ, ИК спектрометр Avatar-360 FTIR, газо-жидкостной хромато-масс-спектрометр Trace 1310/ISQ, жидкостной хромато-масс-спектрометр Ultimate 3000/Fleet LT.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: раздаточный материал к лекциям и лабораторным работам.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	бессрочно	Лицензия на операционную систему MicrosoftWindows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: Word Excel Power Point Outlook OneNote Access Publisher	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.

№ п/ п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Коли- чество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
	InfoPath				
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное /вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основные принципы.	Знает: основные принципы выбора новых энергонасыщенных материалов и создания технологических процессов их производства; теоретические основы процессов нитрования и выбора аппаратного оформления процессов получения энергонасыщенных материалов. Умеет: обеспечивать безопасные условия работы с энергонасыщенными материалами. Владеет: современной информацией по производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом.	Оценка за контрольную работу; оценка за контрольный опрос; оценка за экзамен.
Раздел 2. Нитроалканы и	Знает: основные принципы выбора новых	Оценка за контрольную работу; оценка за

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
нитроалкены	энергонасыщенных материалов и создания технологических процессов их производства; основные источники сырья для получения энергонасыщенных соединений, методы их получения и требования к исходным продуктам; теоретические основы процессов нитрования и выбора аппаратного оформления процессов получения энергонасыщенных материалов. Умеет: прогнозировать перспективные пути синтеза энергонасыщенных соединений с заданными свойствами; обеспечивать безопасные условия работы с энергонасыщенными материалами. Владеет: практическими навыками получения энергонасыщенных материалов в лабораторных условиях и способами обеспечения безопасности экспериментатора и окружающих; практическими навыками синтеза некоторых энергоёмких представителей.	контрольный опрос; оценка за экзамен.
Раздел 3. Кислородсодержащие нитросоединения	Знает: основные принципы выбора новых энергонасыщенных материалов и создания технологических процессов их производства; основные источники сырья для получения энергонасыщенных соединений, методы их получения и требования к исходным продуктам; теоретические основы процессов нитрования и выбора аппаратного оформления процессов получения энергонасыщенных материалов. Умеет: прогнозировать перспективные пути синтеза энергонасыщенных соединений с заданными свойствами; обеспечивать безопасные условия работы с энергонасыщенными материалами. Владеет: практическими навыками получения	Оценка за контрольную работу; оценка за контрольный опрос; оценка за экзамен.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	энергонасыщенных материалов в лабораторных условиях и способами обеспечения безопасности экспериментатора и окружающих; современной информацией по производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химии энергонасыщенных материалов.	
Раздел 4. Нитроамины	Знает: основные принципы выбора новых энергонасыщенных материалов и создания технологических процессов их производства; основные источники сырья для получения энергонасыщенных соединений, методы их получения и требования к исходным продуктам; теоретические основы процессов нитрования и выбора аппаратного оформления процессов получения энергонасыщенных материалов. Умеет: прогнозировать перспективные пути синтеза энергонасыщенных соединений с заданными свойствами; обеспечивать безопасные условия работы с энергонасыщенными материалами. Владеет: практическими навыками получения энергонасыщенных материалов в лабораторных условиях и способами обеспечения безопасности экспериментатора и окружающих; современной информацией по производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом; навыками изучения и обобщения информации в области химии энергонасыщенных материалов.	Оценка за контрольную работу; оценка за контрольный опрос; оценка за экзамен.
Раздел 5 Азиды	Знает: основные принципы выбора новых энергонасыщенных материалов и создания технологических процессов их производства; основные источники сырья для получения энергонасыщенных соединений, методы их получения и требования к исходным продуктам. Умеет: прогнозировать перспективные пути	Оценка за контрольную работу; оценка за экзамен.

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	синтеза энергонасыщенных соединений с заданными свойствами; обеспечивать безопасные условия работы с энергонасыщенными материалами. Владеет: – практическими навыками получения энергонасыщенных материалов в лабораторных условиях и способами обеспечения безопасности экспериментатора и окружающих; – современной информацией по производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом; – навыками изучения и обобщения информации в области химии энергонасыщенных материалов.	
Раздел 6 Дифторамины	Знает: основные принципы выбора новых энергонасыщенных материалов и создания технологических процессов их производства; основные источники сырья для получения энергонасыщенных соединений, методы их получения и требования к исходным продуктам. Умеет: прогнозировать перспективные пути синтеза энергонасыщенных соединений с заданными свойствами; обеспечивать безопасные условия работы с энергонасыщенными материалами. Владеет: – практическими навыками получения энергонасыщенных материалов в лабораторных условиях и способами обеспечения безопасности экспериментатора и окружающих; – современной информацией по производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом; – навыками изучения и обобщения информации в области химии энергонасыщенных материалов.	Оценка за контрольную работу; оценка за экзамен.
Раздел 7	Знает: – основные принципы выбора новых	Оценка за контрольную работу; оценка за

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
О-нитросоединения (нитроэфиры)	энергонасыщенных материалов и создания технологических процессов их производства; – основные источники сырья для получения энергонасыщенных соединений, методы их получения и требования к исходным продуктам; – теоретические основы процессов нитрования и выбора аппаратного оформления процессов получения энергонасыщенных материалов. Умеет: - прогнозировать перспективные пути синтеза энергонасыщенных соединений с заданными свойствами; - обеспечивать безопасные условия работы с энергонасыщенными материалами. Владеет: – практическими навыками получения энергонасыщенных материалов в лабораторных условиях и способами обеспечения безопасности экспериментатора и окружающих; – современной информацией по производству энергонасыщенных соединений в России и за рубежом; – навыками изучения и обобщения информации в области химии энергонасыщенных материалов.	контрольный опрос; оценка за экзамен.

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Химия энергонасыщенных соединений»

основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «_____»____20_г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «_____»____20_г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «_____»____20_г.
• 4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «_____»____20_г.
• 5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «_____»____20_г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДЕНО»

на заседании Ученого совета
протокол № 1 от «29» августа 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Энергонасыщенные материалы: виды, свойства, применение»**

**Специальность 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий**

Специализация – «Химическая технология органических соединений азота»

Квалификация «Инженер»

Москва 2024

Программа составлена:

к.х.н., доцентом кафедры «Химической технологии органических соединений азота»,
Левшенковым А.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химической технологии органических соединений азота «30» мая 2024 г., протокол № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	7
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	8
4.2. Содержание разделов дисциплины.	11
5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	13
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	15
7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	15
8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	15
9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
9.1. Рекомендуемая литература	17
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации.....	17
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины	17
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	18
11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	18
11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:	18
11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно- программные и аудиовизуальные средства:	18
11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:	18
11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения	18
12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ	19
13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	23

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, специализации №1 «Химическая технология органических соединений азота», рекомендаций Методической комиссии и накопленного опыта преподавания дисциплины кафедрой Химической технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Энергонасыщенные материалы: виды, свойства, применение» относится к дисциплинам специализации обязательной части учебного плана Б1.О.38.01.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области физики, а также общей, неорганической, органической и физической химии. Знания, полученные при изучении дисциплины, являются основой для последующего изучения специальных дисциплин «Химия энергонасыщенных соединений», «Теория, свойства и применение ЭНС и изделий», «Химическая технология бризантных ЭНС», «Химическая физика ЭНМ», «Технология смесевых ЭНМ», «Основы технологий ЭНМ и изделий, ч. 2».

Цель дисциплины – ознакомление студентов с основами процессов горения и взрыва, основными вопросами в химии и технологии применения энергонасыщенных материалов (ЭНМ) – индивидуальных и смесевых взрывчатых веществ (ВВ), жидких и твердых ракетных топлив (ЖРТ и ТРТ) и порохов ствольных систем, пиротехнических составов (ПС), комплексом требований, предъявляемых к ЭНМ.

Основные задачи дисциплины:

- сформировать чёткие представления об ЭНМ: их современной классификации, основных видах превращений, основах получения, комплексе требований и основных направлениях применения;
- дать представления о современном состоянии и перспективных направлениях создания индивидуальных и смесевых энергонасыщенных материалов: о технических системах и устройствах, использующих ЭНМ, современных методах исследования свойств ЭНМ, проблемах взрывобезопасности, экологии, экономики производства ЭНМ

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные и профессионально-специальные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
- Участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее - НИОКР), направленных на совершенствование получения и использования энергонасыщенных материалов и изделий и изучение их свойств; - разработка программ, методик, технических средств для проведения исследований свойств существующих и новых энергонасыщенных материалов и изделий; - обработка и анализ результатов экспериментальных исследований, формулирование выводов, подготовка	Индивидуальные и смесевые энергонасыщенные материалы и изделия на их основе; расчетные методы прогнозирования энергетических характеристик энергонасыщенных материалов; методы и приборы для исследования и оценки эффективности и практической пригодности энергонасыщенных материалов и изделий.	ПК- 1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно- технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований; ПК-1.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; использовать современные оборудование и приборы для проведения необходимых экспериментальных исследований; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада;	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда; обобщение отечественного и зарубежного опыта. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н, Обобщенная трудовая функция В. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем. В /02.6. Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
отчетов и публикаций о результатах исследований, защита интеллектуальной собственности; - участие во внедрении результатов НИОКР; - поиск и анализ научно-технической информации в области энергонасыщенных материалов и изделий с целью научно-практической и патентной поддержки проводимых исследований.		формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ПК-1.3 Владеет навыками изучения и обобщения научно-технической информации по тематике исследований; современными методами обработки данных; принципами разработки экспериментальных методик и программ для проведения научных исследований; практическими навыками применения современного оборудования и приборов; приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

знать:

- критерии взрывчатости химических соединений и смесей, современную классификацию ЭНМ, основные формы их химического превращения;
- принципы создания индивидуальных и смесевых ЭНМ;
- основные направления использования ЭНМ в режимах горения и детонации;
- методы исследования физико-химических и взрывчатых свойств ЭНМ;
- этапы исторического развития, современное состояние и направления перспективами совершенствования ЭНМ;

уметь:

- анализировать информацию об ЭНМ, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения;
- прогнозировать пути совершенствования ЭНМ в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения ЭНМ;

- владеть:

- навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик составов;
- современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения смесевых энергонасыщенных материалов в России и за рубежом;
- навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения смесевых энергоёмких материалов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Всего		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0.89	32	24
Лекции (Лек)	0.89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Самостоятельная работа:	2.11	76	57
Контактная самостоятельная работа	2,11	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		55,8	41,85
Реферат		20	15
Экзамен	-	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-
Подготовка к экзамену.		-	-
Вид контроля:	зачёт		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лаб. Работы	Самостоятельная работа
	Раздел 1. Основные формы химического превращения ЭНМ	10	4	-	-	6
1.1	Понятие о энергонасыщенных материалах (ЭНМ). Понятие об основных формах химического превращения ЭНМ: медленном термическом разложении, горении, детонации.	5	2			3
1.2	Параметры процессов горения и детонации: скорость распространения, критический диаметр, величины давлений в волне, теплота процесса, их зависимость от различных факторов. Переход горения в детонацию.	5	2			3
	Раздел 2. Классификация ЭНМ, общие сведения	10	4	-	-	6
2.1	Исторический путь развития ЭНМ.	4	2	-	-	2
2.2	Принципы конструирования ВВ и энергоемких компонентов порохов и ТРТ.	3	1	-	-	2
2.3	Классификация ЭНМ по применению: бризантные и инициирующие взрывчатые вещества (ВВ), пороха и ракетные топлива, пиротехнические составы (ПС). Требования, предъявляемые к ВВ, порохам, ТРТ и ПС, их характеристики, области применения.	3	1	-	-	2
	Раздел 3. Получение индивидуальных ЭНМ	10	4	-	-	6
3.1	Основные химические процессы получения индивидуальных ВВ. Способы организации процессов в промышленности.	4	2	-	-	2
3.2	Проведение основных реакций получения, выделение продукта, очистка от примесей, выпуск готовых форм. Пример блок-схемы производства ВВ.	3	1	-	-	2

№ п/ п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек- ции	Практ заня- тия	Лаб. Рабо- ты	Само- стоя- тельная работа
3.3	Способы получения изделий из ВВ. Пути обеспечения безопасности процессов. Экологические и экономические аспекты.	3	1	-	-	2
	Раздел 4. Получение смесевых ЭНМ	10	4	-	-	6
4.1	Необходимость и принципы создания смесевых ЭНМ. Компонентная база смесевых ВВ. Типы смесевых ВВ, их характеристики, области применения.	4	2	-	-	2
4.2	Принципы компоновки и компонентная база порохов, ТРТ и ПС. Функции полимерных компонентов в ЭНМ, понятие о пластифицированных и наполненных полимерных материалах. Активные и инертные горючие связующие.	3	1	-	-	2
4.3	Способы переработки смесевых ЭНМ. Вопросы безопасности и экологии технологического цикла энергетических материалов.	3	1	-	-	2
	Раздел 5. Системы и устройства, использующие ЭНМ	10	4	-	-	6
5.1	Классификация оружия, использующего ЭНМ. Виды артиллерийских и ракетных систем. Принципы действия, особенности.	4	2	-	-	2
5.2	Основные процессы, происходящие в ракетном двигателе, при артиллерийском и выстреле и в газогенераторах.	4	1	-	-	3
5.3	Классификация реактивных двигателей. Классификация химических ракетных топлив, порохов и ТРТ.	2	1	-	-	1
	Раздел 6. Применение ЭНМ в режиме детонации	9	3	-	-	6
6.1	Применение ВВ в гражданских и военных целях. Виды боеприпасов и других изделий, содержащих ВВ, их конструктивные особенности.	4	1	-	-	2

№ п/ п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек- ции	Практ заня- тия	Лаб. Рабо- ты	Само- стоя- тельная работа
6.2	Бризантное и фугасное действие взрыва. Понятие о кумулятивном эффекте.	3	1	-	-	2
6.3	Масштабы применения ВВ в военном деле и в гражданских целях.	3	1	-	-	2
	Раздел 7. Применение ЭНМ в режиме горения	9	3	-	-	6
7.1	Разнообразие задач, решаемых с помощью энергетических материалов, используемых в режиме горения. Горение ВВ, порохов и ПС.	4	1	-	-	2
7.2	Энергетические и баллистические характеристики порохов и ТРТ. Геометрические формы и размеры пороховых зарядов.	3	1	-	-	2
7.3	Классификация и масштабы применения ПС. Компоненты ПС: окислители, горючее, цементаторы, добавки специального назначения. Эффекты, достигаемые с помощью ПС. Особенности горения ПС. Требования, предъявляемые к ПС.	3	1	-	-	2
	Раздел 8. Методы исследования свойств ЭНМ	10	3	-	-	7
8.1	Расчетные и экспериментальные методы определения параметров термического распада, горения и детонации. Теплота, температура и состав продуктов горения. Расчетные и экспериментальные методы их определения	4	1	-	-	3
8.2	Понятие о физической и химической стойкости ЭМ, совместимости компонентов смесевых ЭНМ, гарантийные сроки хранения.	3	1	-	-	2
8.3	Понятие о чувствительности ЭНМ к различным воздействиям: тепловым, механическим, (удар, трение) и др., методы их определения. Методы термического анализа.	3	1	-	-	2

№ п/ п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек- ции	Практ заня- тия	Лаб. Рабо- ты	Само- стоя- тельная работа
	Раздел 9. Перспективы развития ЭНМ	10	3	-	-	7
9.1	Современные требования к ЭНМ. Перспективные индивидуальные соединения и компоненты смесевых ЭНМ.	4	1	-	-	3
9.2	Перспективы развития технологии получения индивидуальных и смесевых ЭНМ. Понятие об утилизации энергетических материалов.	3	1	-	-	2
9.3	Конверсия производства ЭНМ, двойные технологии.	3	1	-	-	2
	ИТОГО:	88	32			56
	Реферат	20				20
	ИТОГО:	108	32	-	-	76

4.2. Содержание разделов дисциплины.

Раздел 1. Основные формы химического превращения ЭНМ

1.1 Понятие о энергонасыщенных материалах (ЭНМ). Понятие об основных формах химического превращения ЭНМ: медленном термическом разложении, горении, детонации.

1.2 Параметры процессов горения и детонации: скорость распространения, критический диаметр, величины давлений в волне, теплота процесса, их зависимость от различных факторов. Переход горения в детонацию.

Раздел 2. Классификация ЭНМ, общие сведения

2.1 Исторический путь развития ЭНМ.

2.2 Принципы конструирования ВВ и энергоемких компонентов порохов и ТРТ.

2.3 Классификация ЭНМ по применению: бризантные и инициирующие взрывчатые вещества (ВВ), пороха и ракетные топлива, пиротехнические составы (ПС). Требования, предъявляемые к ВВ, порохам, ТРТ и ПС, их характеристики, области применения.

Раздел 3. Получение индивидуальных ЭНМ

3.1 Основные химические процессы получения индивидуальных ВВ. Способы организации процессов в промышленности.

3.2 Проведение основных реакций получения, выделение продукта, очистка от примесей, выпуск готовых форм. Пример блок-схемы производства ВВ.

3.3 Способы получения изделий из ВВ. Пути обеспечения безопасности процессов. Экологические и экономические аспекты.

Раздел 4. Получение смесевых ЭНМ

4.1 Необходимость и принципы создания смесевых ЭНМ. Компонентная база смесевых ВВ. Типы смесевых ВВ, их характеристики, области применения.

4.2 Принципы компоновки и компонентная база порохов, ТРТ и ПС. Функции полимерных компонентов в ЭНМ, понятие о пластифицированных и наполненных полимерных материалах. Активные и инертные горючие связующие.

4.3 Способы переработки смесевых ЭНМ. Вопросы безопасности и экологии технологического цикла энергетических материалов.

Раздел 5. Системы и устройства, использующие ЭНМ

5.1 Классификация оружия, использующего ЭНМ. Виды артиллерийских и ракетных систем. Принципы действия, особенности.

5.2 Основные процессы, происходящие в ракетном двигателе, при артиллерийском и выстреле и в газогенераторах.

5.3 Классификация реактивных двигателей. Классификация химических ракетных топлив, порохов и ТРТ.

Раздел 6. Применение ЭНМ в режиме детонации

6.1 Применение ВВ в гражданских и военных целях. Виды боеприпасов и других изделий, содержащих ВВ, их конструктивные особенности.

6.2 Бризантное и фугасное действие взрыва. Понятие о кумулятивном эффекте.

6.3 Масштабы применения ВВ в военном деле и в гражданских целях.

Раздел 7. Применение ЭНМ в режиме горения

7.1 Разнообразие задач, решаемых с помощью энергетических материалов, используемых в режиме горения. Горение ВВ, порохов и ПС.

7.2 Энергетические и баллистические характеристики порохов и ТРТ. Геометрические формы и размеры пороховых зарядов.

7.3 Классификация и масштабы применения ПС. Компоненты ПС: окислители, горючее, цементаторы, добавки специального назначения. Эффекты, достигаемые с помощью ПС. Особенности горения ПС. Требования, предъявляемые к ПС.

Раздел 8. Методы исследования свойств ЭНМ

8.1 Расчетные и экспериментальные методы определения параметров термического распада, горения и детонации. Теплота, температура и состав продуктов горения. Расчетные и экспериментальные методы их определения

8.2 Понятие о физической и химической стойкости ЭМ, совместимости компонентов смесевых ЭНМ, гарантийные сроки хранения.

8.3 Понятие о чувствительности ЭНМ к различным воздействиям: тепловым, механическим, (удар, трение) и др., методы их определения. Методы термического анализа.

Раздел 9. Перспективы развития ЭНМ

9.1 Современные требования к ЭНМ. Перспективные индивидуальные соединения и компоненты смесевых ЭНМ.

9.2 Перспективы развития технологии получения индивидуальных и смесевых ЭНМ. Понятие об утилизации энергетических материалов.

9.3 Конверсия производства ЭНМ, двойные технологии.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Разделы								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Знать:									
1	- критерии взрывчатости химических соединений и смесей, современную классификацию ЭНМ, основные формы их химического превращения;	+								+
2	- принципы создания индивидуальных и смесевых ЭНМ;		+	+	+				+	
3	- основные направления использования ЭНМ в режимах горения и детонации;		+	+		+	+	+		+
4	- методы исследования физико-химических и взрывчатых свойств ЭНМ;								+	
5	- этапы исторического развития, современное состояние и направления перспективами совершенствования ЭНМ.			+				+		+
	Уметь:									
6	- анализировать информацию об ЭНМ, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения;	+	+	+						
7	- прогнозировать пути совершенствования ЭНМ в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения ЭНМ.								+	+
	Владеть:									
8	-- навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик составов;			+	+	+	+	+	+	
9	- современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения смесевых энергонасыщенных материалов в России и за рубежом;			+		+	+		+	+

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции			Разделы								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	ПК-1 Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований, применять современные методы исследования, планировать и проводить необходимый эксперимент, корректно обрабатывать и анализировать полученные результаты с использованием современных методов обработки данных, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	ПК-1.1 Знает алгоритм поиска, оценки и анализа научно-технической информации, современные подходы к научному исследованию, экспериментальные методы и их приборное и аппаратное оформление, методы и алгоритмы для корректного анализа и обработки результатов научных исследований;	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12		ПК-1.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; использовать современное оборудование и приборы для проведения необходимых экспериментальных исследований; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада;	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13		ПК-1.3 Владет навыками изучения и обобщения научно-технической информации по тематике исследований; современными методами обработки данных; принципами разработки экспериментальных методик и программ для проведения научных исследований; практическими навыками применения современного оборудования и приборов; приемами обработки, анализа и представления результатов эксперимента, навыками подготовки научно-технических отчетов	+	+	+	+	+	+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом проведение практических и лабораторных занятий по дисциплине «Энергонасыщенные материалы: виды, свойства, применение» не предусмотрено.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студента в объёме 46 академических часов в 5-ом семестре.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку и оформление реферата

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за подготовку и защиту реферата (максимальная оценка 100 баллов).

Перечень тем рефератов:

1. Понятие об ЭНМ: типы взрывчатых групп, критерий взрывчатости.
2. Понятие о медленном термическом разложении ЭНМ.
3. Понятие о горении ЭНМ.
4. Понятие о детонации ЭНМ.
5. Процесс горения ЭНМ. Скорость распространения, критический диаметр, величины давлений в волне, теплота процесса, их зависимость от различных факторов.
6. Процесс детонации ЭНМ. Скорость распространения, критический диаметр, величины давлений в волне, теплота процесса, их зависимость от различных факторов. Переход горения в детонацию
7. Переход горения в детонацию ЭНМ.
8. Классификация ЭНМ по применению: бризантные и инициирующие ВВ, пороха и ракетные топлива, пиротехнические составы (ПС).
9. Требования, предъявляемые к ВВ, их характеристики, области применения.
10. Требования, предъявляемые к ВВ, порохам и ТРТ, их характеристики, области применения.
11. Требования, предъявляемые к ПС, их характеристики, области применения.
12. Основные химические процессы получения индивидуальных ВВ.
13. Проведение основных химических реакций получения ВВ, выделение продукта, очистка от примесей.
14. Получение зарядов ВВ литьём, прессованием и иными способами.
15. Принципы создания смесевых ЭНМ. Компонентная база смесевых ВВ..
16. Типы смесевых ВВ, их характеристики, области применения.
17. Способы переработки смесевых ЭНМ.

18. Функции полимерных компонентов в ЭНМ, понятие о пластифицированных и наполненных полимерных материалах.
19. Активные и инертные горючие связующие.
20. Классификация оружия, использующего ЭНМ.
21. Виды артиллерийских и ракетных систем. Принципы действия, особенности.
22. Основные процессы, происходящие в ракетном двигателе, и в ствольных системах.
23. Жидкостные ракетные двигатели. Классификация и состав жидких ракетных топлив.
24. Твёрдотопливные ракетные двигатели. Классификация и состав твёрдых ракетных топлив.
25. Сравнительная характеристика жидких и твёрдых ракетных топлив.
26. Основные параметры детонации.
27. Бризантное действие взрыва.
28. Фугасное действие взрыва.
29. Понятие о кумулятивном эффекте, области использования кумулятивных зарядов.
30. Виды боеприпасов и других изделий, содержащих ВВ, их конструктивные особенности.
31. Области применения ВВ. Виды ВВ, применяемых в гражданских целях.
32. Применение ВВ в горнодобывающей промышленности.
33. Применение ВВ в строительстве.
34. Применение ВВ в металлургии.
35. Применение ВВ в науке.
36. Особенности горения ВВ, порохов и пиротехнических составов.
37. Энергетические и баллистические характеристики порохов и ТРТ.
38. Классификация и масштабы применения ПС.
39. Компоненты ПС: окислители, горючее, цементаторы, добавки специального назначения.
40. Типы эффектов, достигаемые с помощью ПС.
41. Требования, предъявляемые к ПС.
42. Основные представители инициирующих ВВ.
43. Режимы превращений и области применения инициирующих ВВ.
44. Основные характеристики штатных ВВ.
45. Области применения штатных ВВ.
46. Методы определения параметров термического распада
47. Методы определения параметров горения.
48. Методы определения параметров детонции.
49. Понятие о физической стойкости ЭНМ.
50. Понятие о химической стойкости ЭНМ.
51. Понятие о, совместимости компонентов смесевых ЭНМ.
52. Гарантийные сроки хранения ЭНМ.
53. Чувствительность ЭНМ к тепловым воздействиям, методы ее определения.
54. Чувствительность ЭНМ к механическим воздействиям методы ее определения.
55. Чувствительность ЭНМ к мощным воздействиям методы ее определения.
56. Понятие о чувствительности ЭНМ к различным типам воздействий.
57. Логика выбора новых ЭНМ, развития технологий производства ЭНМ.
58. Исторический путь развития ЭНМ.
59. Современные требования к ЭНМ.
60. Перспективные индивидуальные ЭНМ.
61. Перспективы развития технологии получения индивидуальных ЭНМ.
62. Перспективы развития технологии получения смесевых ЭНМ.
63. Экологические аспекты производства и применения ЭНМ.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература:

1. Илюшин М.А., Савенков Г.Г., Мазур А.С. Промышленные взрывчатые вещества [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018, 200 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107912>.
2. Рогов, Н. Г., Груздев А. Ю. Смесевые ракетные твердые топлива: Компоненты. Требования. Свойства: учебное пособие – СПб гос. технол. ин-т (технический ун-т). - СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2005, 195 с., ISBN 5-98408-037-0.

Б. Дополнительная литература

1. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь/ Под ред. Б.П. Жукова. Изд. 2-е, исправл. – М.: Янус-К, 2000. 596 с.
2. Орлова Е.Ю. Химическая технология бризантных взрывчатых веществ: Учебник для вузов. - 3 изд., перераб. - Л.: Химия, 1981 – 312 с. (базовый учебник).
3. Андреев К.К., Беляев А.Ф.. Теория взрывчатых веществ. М.: Оборонгиз, 1960, 595 с. (базовый учебник).

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Физика горения и взрыва. ISSN: 0430-6228

Химическая физика. ISSN (print): 0207-401X

Горение и взрыв. ISSN: 2305-9117

Propellants, Explosives, Pyrotechnics. Online ISSN: 1521-4087

Journal of Energetic Material. Print ISSN: 0737-0652, Online ISSN: 1545-8822

Thermochimica Acta. ISSN: 0040-6031

Combustion and Flame. ISSN: 0010-2180

International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. ISSN Print: 2150-766X, ISSN Online: 2150-7678

Central European Journal of Energetic Materials. Print ISSN 1733-7178, Online ISSN 2353-1843

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы дисциплины «Энергонасыщенные материалы: виды, свойства, применение» подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 63);

учебные пособия – макеты образцов вооружения – ресурсы музея ИХТ-факультета.

В случае проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда РХТУ им. Д.И. Менделеева – Режим доступа <https://eios.muotr.ru/> (дата обращения: 22.05.2023);

- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/> (дата обращения: 22.05.2023);

- файлообменная система Google Drive – Режим доступа <https://drive.google.com/> (дата обращения: 22.05.2023);

- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;

- электронная почта преподавателей и студентов.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с рабочим учебным планом занятия по дисциплине «Энергонасыщенные материалы: виды, свойства, применение» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы студента.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: конспекты лекций в электронном виде, электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

11.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
1	WINHOME 10	Контракт № 28-	8	бессрочно	Лицензия на операционную

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии	Примечание
	Russian OLV NL Each Academic Edition	35ЭА/2020 от 26.05.2020			систему Microsoft Windows 10. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point • Outlook • OneNote • Access • Publisher • InfoPath	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	8	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное /вспомогательное ПО)

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1.	<i>Знает:</i> - критерии взрывчатости химических соединений и смесей, современную классификацию ЭНМ, основные формы их химического превращения; <i>Умеет:</i> - анализировать информацию об ЭНМ, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения;	Оценка за подготовку и защиту реферата.
Раздел 2.	<i>Знает:</i> - принципы создания индивидуальных и смесевых ЭНМ; - основные направления использования ЭНМ в режимах горения и детонации; - основные направления использования	Оценка за подготовку и защиту реферата.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	ЭНМ в режимах горения и детонации; <i>Умеет:</i> - анализировать информацию об ЭНМ, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения; <i>Владеет:</i> - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения смесевых энергоемких материалов. - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения смесевых энергоемких материалов.	
Раздел 3.	<i>Знает:</i> - принципы создания индивидуальных и смесевых ЭНМ; - основные направления использования ЭНМ в режимах горения и детонации; - этапы исторического развития, современное состояние и направления перспективами совершенствования ЭНМ <i>Умеет:</i> - анализировать информацию об ЭНМ, определять его по составу характерные режимы превращения и область применения; <i>Владеет:</i> -- навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик составов; - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения смесевых энергонасыщенных материалов в России и за рубежом; - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения смесевых энергоемких материалов.	Оценка за подготовку и защиту реферата.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 4.	<i>Знает:</i> - принципы создания индивидуальных и смесевых ЭНМ; <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> -- навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик составов;	Оценка за подготовку и защиту реферата.
Раздел 5.	<i>Знает:</i> - основные направления использования ЭНМ в режимах горения и детонации; <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> -- навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик составов; - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения смесевых энергонасыщенных материалов в России и за рубежом;	Оценка за подготовку и защиту реферата.
Раздел 6.	<i>Знает:</i> - основные направления использования ЭНМ в режимах горения и детонации; <i>Умеет:</i> - теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов. <i>Владеет:</i> -- навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик составов; - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения смесевых энергонасыщенных	Оценка за подготовку и защиту реферата..

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	материалов в России и за рубежом;	
Раздел 7.	<i>Знает:</i> - основные направления использования ЭНМ в режимах горения и детонации; - этапы исторического развития, современное состояние и направления перспективами совершенствования ЭНМ <i>Владеет:</i> -- навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик составов;	Оценка за подготовку и защиту реферата.
Раздел 8	<i>Знает:</i> - принципы создания индивидуальных и смесевых ЭНМ; - методы исследования физико-химических и взрывчатых свойств ЭНМ; <i>Умеет:</i> - прогнозировать пути совершенствования ЭНМ в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения ЭНМ; <i>Владеет:</i> -- навыками расчета важнейших взрывчатых характеристик и знанием методов экспериментального определения характеристик составов; - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения смесевых энергонасыщенных материалов в России и за рубежом;	Оценка за подготовку и защиту реферата.
Раздел 9	<i>Знает:</i> - основные направления использования ЭНМ в режимах горения и детонации; - этапы исторического развития, современное состояние и направления перспективами совершенствования ЭНМ <i>Умеет:</i> - прогнозировать пути совершенствования ЭНМ в плане эффективности, экономичности, безопасности и экологии производства и применения ЭНМ;	Оценка за подготовку и защиту реферата.

Наименование разделов дисциплины	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<i>Владеет:</i> - современной информацией по компонентам, рецептурам, технологиям получения и областям применения смесевых энергонасыщенных материалов в России и за рубежом; - навыками изучения, обобщения и анализа информации по вопросам, связанным с совершенствованием технологии получения и применения смесевых энергоемких материалов.	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Энергонасыщенные материалы: виды, свойства, применение»
основной образовательной программы

18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология органических соединений азота»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения /дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
2.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
3.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
4.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
5.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.



РХТУ им. Д.И. Менделеева
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: *Комарницкая Елена Анатольевна*
Проректор по образованию,
Ректорат

Подписан: 29:08:2025 11:52:49