

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
д.х.н., проф. Горячева И.Ю.

"07" 06 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
Теория горения и взрыва

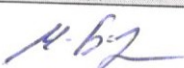
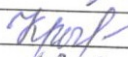
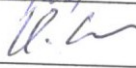
Направление подготовки бакалавриата
20.03.01 техносферная безопасность

Профиль подготовки бакалавриата
Промышленная безопасность технологических процессов и производств

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2023

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Бурашникова Марина Михайловна		07.06.2023
Председатель НМК	Крылатова Яна Георгиевна		07.06.2023
Заведующий кафедрой	Казаринов Иван Алексеевич		07.06.2023
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является освоение студентами знаний по основным физико-химическим закономерностям, приводящим к возникновению горения и взрыва, понимание ими зависимостей и факторов, сопровождающих процессы горения и взрыва, умение обеспечить решение вопросов пожарной безопасности как на производстве, так и в бытовых условиях.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теория горения в взрыва» (Б1.О.17) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность, профиль подготовки бакалавриата Промышленная безопасность технологических процессов и производств и осваивается в 6 семестре.

Материал дисциплины базируется на знаниях по курсу «Математика», «Физика», «Общая и неорганическая химия», «Статистическая обработка результатов эксперимента», «Физическая химия». Дисциплина «Теория горения и взрыва» представляет собой теоретический фундамент современной химии и является основой для последующего изучения дисциплин «Опасные производства химической технологии», «Пожаровзрывоопасность в химическом производстве», «Опасные вещества в промышленности», «Опасные производства Саратовской области».

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	1.1_Б.УК-2. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач. 2.1_Б.УК-2. Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений. 3.1_Б.УК-2. Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время 4.1_Б.УК-2. Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.	Знать - суть и особенности горения и взрыва как физико-химических процессов; - основные теоретические особенности взрывчатого превращения, типов и видов взрывов, основные свойства взрывчатых веществ и средств взрывания; Уметь - использовать полученные знания в области горения и взрыва при разработке научно обоснованных рекомендаций по организации безопасного функционирования технологических циклов взрывопожароопасных производств, моделирования и прогнозирования опасных процессов в техносфере. Владеть

		- методами оценки пожаровзрывоопасности веществ и горючих материалов;
<p>ОПК-1 Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека.</p>	<p>ОПК-1.1 Изучает и анализирует техническую документацию ОПК-1.2 Использует современные программные комплексы для решения типовых задач в области защиты окружающей среды. ОПК-1.3 Использует современные программные комплексы в области промышленной безопасности для оценки рисков для человека, производственных объектов и окружающей среды ОПК-1.4 Использует современные базы данных и программные комплексы для решения задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека ОПК-1.5 Выбирает критерии предельного состояния технических устройства ОПК-1.6 Определяет условия безопасной эксплуатации конкретных технических устройств</p>	<p>Знать - суть и особенности тепловой, цепной и диффузионной теории горения; - виды горения, отличительные особенности гомогенного, гетерогенного и турбулентного горений; - особенности горения газов, жидкостей, твердых горючих веществ, пиротехнических составов, металлизированных смесей и взрывчатых веществ; - особенности и структуру пламени и скорости его распространения в зависимости от условий возникновения горения; - основные особенности действия взрыва в различных средах, типы ударных волн и их основные поражающие характеристики. Уметь - проводить расчеты тепловых и взрывных зон поражения, возникающих при горении и взрыве в техносфере; - проводить расчеты наружных контактных и неконтактных зарядов; Владеть - методами количественной оценки основных поражающих факторов горения и взрыва топливовоздушных смесей; - методами оценки сейсмической зоны и зоны поражения осколками при взрыве взрывчатых веществ в металлических оболочках и без оболочки.</p>

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
				лекции	Практические занятия	СР	контроль	всего			
Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка										
1	Раздел 1. Физико-химические процессы при горении	6	1-5	10	10		10		30		
2	Раздел 2. Суть и особенности горения металлических горючих систем	6	6-8	6	6		6		18		
3	Раздел 3. Математическая теория горения.	6	9-11	6	6		6		18		
4	Раздел 4. Основные математические зависимости теории взрывчатых превращений	6	12-14	6	6		6		18		
5	Раздел 5. Предотвращение образования взрывчатых смесей, содержащих пары горючих жидкостей	6	15-18	8	8		8		24		
	Промежуточная аттестация	6						36	36	экзамен	
	итого			36	36		36	36	144		

Содержание дисциплины

Введение.

Раздел 1 Физико-химические процессы при горении

Тема 1.1. Основные понятия и определения, применяемые в теории горения и взрыва. Условия возникновения и развития процессов горения.

Тема 1.2. Аспекты тепловой и цепной теорий горения. Особенности турбулентного горения. Суть и особенности гетерогенного горения. Применение методов теории подобия для моделирования и изучения основных закономерностей диффузионного и гетерогенного горений.

Тема 1.3. Форма и особенности диффузионного пламени. Излучательные свойства пламени. Температура пламени. Электрофизические свойства пламени. Электропроводность пламени.

Тема 1.4. Пиролиз органических и неорганических соединений в пламени. Термическое разложение углеводородов. Разложение нитроэфиров, нитроаминов и других нитросоединений. Разложение неорганических окислителей. Превращение продуктов разложения.

Тема 1.5. Теплотворная способность горючих материалов. Полнота сгорания топлив. Скорость горения некоторых видов горючих материалов.

Практическое занятие 1

Основные понятия теории горения и взрыва, турбулентное, нормальное и гетерогенное горение.

Расчет количества воздуха, необходимого для горения веществ.

Расчет объема и состава продуктов горения

Практическое занятие 2

Топливо и горючая смесь. Воспламенение горючих смесей. Тепловое самовоспламенение.

Теория теплового взрыва Н.Н. Семенова.

Расчет теплоты сгорания веществ.

Расчет температуры горения и взрыва.

Раздел 2. Суть и особенности горения металлических горючих систем

Тема 1.1. Низкотемпературное окисление и воспламенение металлов. Основные закономерности окисления, воспламенения и горения металлов.

Тема 1.2. Горения магния, алюминия и их сплавов в окислительных средах. Особенности горения металлов в активных средах.

Практическое занятие 3

Вредные и опасные факторы пожаров разливов нефти и нефтепродуктов. Методика определения количества поллютантов при горении разливов нефти и нефтепродуктов.

Раздел 3. Математическая теория горения.

Тема 1.1. Основной закон кинетики. Влияние концентрации и температуры на скорость химической реакции. Цепные реакции. Теория теплового взрыва. Тепловой эффект химической реакции.

Тема 1.2. Процессы горения в потоке. Процессы химического превращения в пламени.

Практическое занятие 4

Цепное самовоспламенение. Распространение пламени в неподвижной смеси; в ламинарном потоке; турбулентном потоке.

Концентрационные пределы распространения пламени

РАЗДЕЛ 4. Основные математические зависимости теории взрывчатых превращений

Тема 1.1. Взрывчатые превращения. Типы взрывчатых веществ. Энергия взрыва. Мощность взрыва.

Тема 1.2. Основы теории детонации газов. Основные особенности действия взрыва в различных средах.

Практическое занятие 5

Основные положения теории детонации. Структура детонационной волны. Адиабаты Пуассона и Гюгонио, прямая Михельсона. Аналитическое выражение для скорости детонации.

Расчет температурных пределов распространения пламени

Практическое занятие 6

Определение давления продуктов детонации. Массовая скорость детонации. Скорость детонации. Температура в ударной и детонационной волне, их соотношение.

Расчет температур вспышки и воспламенения.

Расчет стандартной температуры воспламенения.

РАЗДЕЛ 5. Предотвращение образования взрывчатых смесей, содержащих пары горючих жидкостей

Тема 1.1. Предельное содержание кислорода в смесях с горючим. Взрывобезопасность смесей, содержащих пары горючих жидкостей. Пожароопасность резервуаров с горючими жидкостями.

Тема 1.2. Инициирование горения во взрывчатых системах и его предотвращение. Хранение, транспортировка и уничтожение взрывчатых веществ и средств взрывания.

Практическое занятие 7

Горение разливов нефти и нефтепродуктов. Особенности горения жидких органических топлив в разливах на различных типах подстилающих поверхностей.

Расчет максимального давления взрыва.

Расчет тротилового эквивалента взрыва и безопасного расстояния по действию воздушных ударных волн.

Практическое занятие 8

Предотвращение образования взрывчатых смесей, содержащих пары горючих жидкостей

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Наряду с традиционными образовательными технологиями широко используются технологии, основанные на методах научно-технического творчества и современных информационных средствах (электронный учебник и методическое пособие к лабораторным работам).

На практических занятиях (в виде семинаров) в диалоговом режиме обсуждаются наиболее важные вопросы той или иной темы, решаются типовые задачи. Решению задач уделяется большое внимание. Для самостоятельной подготовки студентам выдаются задания, включающие набор многовариантных и индивидуальных задач. Для проведения расчетов имеется набор компьютерных программ, что позволяет ускорить вычислительную часть задания и, в то же время, способствует развитию навыков использования компьютерных технологий для решения физико-химических задач.

Адаптивные образовательные технологии для инвалидов и лиц с ОВЗ

При изучении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используются следующие адаптивные технологии: использование социально-активных рефлексивных методов обучения для создания комфортного психологического климата в студенческой группе, использование дистанционных технологий при реализации программы, работа по индивидуальному плану.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов предполагает освоение теоретического материала. Подготовку к практическим занятиям, подготовку к промежуточным отчетам, подготовку к промежуточной аттестации. Форма промежуточной аттестации – экзамен (36ч.)

1. Контрольное задание

Контрольное задание является средством проверки умений применять полученные знания для решения профессиональных задач.

Пример варианта контрольного задания 1:

Задача 1. Рассчитать объем и массу окислительной среды, необходимые для горения i -го горючего вещества

Номер варианта	Горючее вещество	Химическая формула	Кол-во горючего	Состав окислительной среды	Условия горения
1	Метиловый спирт	CH ₃ OH	2 кг	Воздух	$T = 300 \text{ K}$ $P = 101325 \text{ Па}$ $\varphi = 3$

Пример варианта контрольного задания 2

Задача 2 Рассчитать объем образующихся продуктов, м³, и содержание в них азота (% об.) при горении i -го вещества

Номер варианта	Горючее вещество	Химическая формула	Кол-во горючего	Состав окислительной среды	Условия горения
1	Диэтиловый спирт	(C ₂ H ₅) ₂ O	1 кг	Воздух	$T_2 = 1500 \text{ K}$ $P = 101400 \text{ Па}$ $\varphi = 2,5$

Пример варианта контрольного задания 3

Задача 3 Рассчитать температуру горения i -го вещества

Номер варианта	Горючее вещество	Химическая формула	Состав окислительной среды	Условия горения
1	Смесь газов	CO – 40 %, C ₃ H ₈ – 50 %, CO ₂ – 10 %	Воздух	$\varphi = 1,4$ $\varphi = 0,25$

Пример варианта контрольного задания 4

Задача 4 Рассчитать концентрационные пределы воспламенения паров i -го вещества в воздухе. Результаты расчета сравнить с имеющимися справочными данными и определить относительную ошибку

Номер варианта	Горючее вещество	Химическая формула	Условие задачи
1	Гептан	C ₇ H ₁₆	По предельной теплоте сгорания

Пример варианта контрольного задания 5

Задача 5 Рассчитать температуру вспышки (воспламенения) i -го вещества по

формуле В.И. Блинова. Значение ДО взять из справочной литературы или определить по формуле (3.4). Сравнить вычисленные значения температуры вспышки (воспламенения) с имеющимися справочными данными и оценить погрешность расчета

Номер варианта	Горючее вещество	Химическая формула	Условие задачи
1	Уксусный альдегид	C ₂ H ₄ O	Температура вспышки в закрытом тигле

Пример варианта контрольного задания 6

Задача 6 Рассчитать стандартную температуру самовоспламенения *i*-го вещества. Сравнить расчетное значение с имеющимися справочными данными и определить относительную ошибку расчета

Номер варианта	Горючее вещество	Структурная формула
1	1,3-диметил-4-пропил-бензол	(CH ₃) ₂ C ₆ H ₃ (C ₃ H ₇)

2. Презентация Печа-Куча

Презентация **Печа-Куча** - это технология представления кратких докладов, ограниченных по форме и продолжительности. Доклад-презентация на 20 слайдах, где слайды сменяются в автоматическом режиме через 20 секунд и сопровождаются живой речью комментатора. После этого отводится несколько минут для ответов на вопросы аудитории. Презентация дает возможность аудитории обмениваться информацией.

Темы презентаций

1. Горения жидких топлив. Горение аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.
2. Вредные и опасные факторы пожаров разливов нефти и нефтепродуктов.
3. Основные положения методики расчета выбросов поллютантов и теплоты от источников горения разливов нефти.
4. Особенности горения разливов нефти и нефтепродуктов на различных типах подстилающих поверхностей.

3. Контрольная работа

Пример контрольной работы 1

1. Определить массу и объем (теоретический) воздуха, необходимого для горения 1 кг метилового, этилового, пропилового и амилового спиртов. Построить график зависимости объема воздуха от молекулярной массы спирта.
2. Определить объем и состав (% об.) продуктов горения 1 м³ этилена, пропилена, бутилена, если температура горения 1800 К, давление 98 000 Па. Построить график зависимости объема продуктов горения содержания отдельных компонентов от молекулярной массы горючего.
3. Определить низшую теплоту сгорания 1 м³ этана, пропана, бутана, пентана и гексана. Построить зависимость $Q_{н}$ от молекулярной массы горючего. Теплота образования горючих веществ: этана - 88,4 кДж/моль, пропана - 109,4 кДж/моль, бутана - 232,4 кДж/моль, пентана - 184,4 кДж/моль, гексана - 211,2 кДж/моль.
4. Определить, как изменяется адиабатическая температура горения в гомологическом ряду предельных углеводородов (на примере метана, пропана, пентана и гептана). Построить график зависимости температуры горения от молекулярной массы горючего вещества.

Вопросы для самостоятельной подготовки к промежуточным отчетам

1. Основные понятия и определения. Горение. Пламя. Фронт пламени. Гетерогенное горение. Ламинарные и турбулентные пламена.
2. Условия возникновения и развития процессов горения. Самовоспламенение. Вынужденное воспламенение. Нормальное и турбулентное распространение пламени. Нормальное горение (дефлаграция). Фронт пламени.
3. Форма фронта пламени.
4. Нормальное горение. Нормальная скорость горения. Термодинамическая температура горения.
5. Основные понятия тепловой и цепной теории горения.
6. Особенности турбулентного горения.
7. Форма и особенности диффузионных пламен.
8. Излучательные свойства пламени.
9. Температура пламени. Сравнение методов зондовой и радиационной пирометрии.
10. Электрофизические свойства пламени. Формула Саха.
11. Термическое разложение углеводородов. Разложение неорганических окислителей.
12. Теплотворная способность горючих материалов. Полнота сгорания топлив.
13. Суть и особенности горения металлических горючих систем.
14. Основные закономерности окисления, воспламенения и горения металлов.
15. Теория взрывчатых превращений. Понятия взрыва.
16. Типы взрывчатых веществ.
17. Предотвращение образования взрывчатых смесей, содержащих пары горючих жидкостей.
18. Флегматизация горючих систем. Ингибиторы в пламенах.
19. Формулы для расчета концентрационного предела распространения пламени.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции и	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
6	5	0	0	0	0	55	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента 6 семестр

Лекции – 0-5 баллов, оцениваются посещаемость (2 балла), активность в аудитории (3 балла)

Лабораторные занятия

Не предусмотрены

Практические занятия

Оценивание не предусмотрено

Самостоятельная работа

Оценивание не предусмотрено

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

1. Контрольное задание.

Всего предусмотрено 6 контрольных заданий. Максимально возможная оценка – 5 баллов

Критерии оценивания

5 баллов – задание выполнено правильно и грамотно оформлено

4 балла – алгоритм решения правильный, имеются ошибки в вычислениях

3 балла – имеются ошибки в алгоритме решения

1-2 балла – неправильный алгоритм решения и ошибки в вычислениях

2. Презентация Печа-Куча

Критерии оценивания

Оценка «зачтено» (15 баллов) ставится в том случае, если:

- содержание презентации соответствует заявленной теме, демонстрирует способность студента к самостоятельной работе, отвечает на поставленные в ситуации вопросы ;

- презентация содержит самостоятельные выводы студента, аргументированные с помощью данных, представленных в учебной и научной литературе.

Оценка «не зачтено» (0 баллов) ставится в том случае, если:

- презентация не соответствует предъявляемым требованиям.

3. Контрольная работа

Контрольная работа – 10 баллов. Всего предусмотрено 1 контрольная работа

«9-10 баллов» - все задания выполнены правильно

«7-8 балла» - алгоритм решения задач правильный, имеются ошибки в вычислениях

«5-6» балла – ошибки в алгоритме решения задач, правильно выполнено половина заданий

«1-4» балла – правильно решено менее половины заданий

Промежуточная аттестация – экзамен (40 баллов), проводится в виде устного опроса. Знание основных понятий и методов исследования (10 баллов), умение записать итоговые уравнения (10 баллов), анализ основных уравнений, лежащих в основе методов исследования, пределы их применимости, практическая значимость (20 баллов).

при проведении промежуточной аттестации

ответ на «отлично» оценивается от 35 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 28 до 34 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 20 до 27 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается 0 до 19 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за ___ 6 ___ семестр по дисциплине

«физическая химия» составляет 100 баллов.

Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «физическая химия» в оценку (экзамен):

85-100 баллов	«отлично»
70-84 баллов	«хорошо»
55-69 баллов	«удовлетворительно»
0-54 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) литература:

1. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс] : учебное пособие / Горев В. А. - Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2010. - 200 с. - Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
2. [Франк-Каменецкий, Д. А.](#) Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике [Текст] : учеб.-моногр. / Д. А. Франк-Каменецкий. - 4-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. – 407.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1) Microsoft Excel версии 2003 или новее или соответствующий аналог свободно распространяемых пакетов офисных приложений;
- 2) Microsoft Word версии 2003 или новее или соответствующий аналог свободно распространяемых пакетов офисных приложений.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

1. Учебная аудитория для чтения лекций
2. Мультимедийная установка.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» и профилю подготовки «Промышленная безопасность технологических процессов и производств».

Автор д.х.н., проф. Бурашникова М.М.

Программа одобрена на заседании кафедры физической химии от 07 июня 2023 года, протокол № 10.