

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.

"05" октября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Теория горения и взрыва

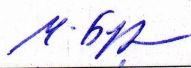
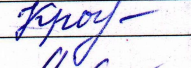
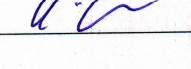
Направление подготовки бакалавриата  
20.03.01 техносферная безопасность

Профиль подготовки бакалавриата  
Промышленная безопасность технологических процессов и производств

Квалификация выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Бурашникова Марина Михайловна		05.10.21
Председатель НМК	Крылатова Яна Георгиевна		05.10.21
Заведующий кафедрой	Казаринов Иван Алексеевич		05.10.21
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 4 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	<b>1.1_Б.УК-2.</b> Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач. <b>2.1_Б.УК-2.</b> Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений. <b>3.1_Б.УК-2.</b> Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время <b>4.1_Б.УК-2.</b> Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.	<b>Знать</b> - 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;  <b>Уметь</b> - 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.  <b>Владеть</b>

		- методами оценки пожаровзрывоопасности веществ и горючих материалов;
<p><b>ОПК-1</b> 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><b>ОПК-1.1</b> Изучает и анализирует техническую документацию  <b>ОПК-1.2</b> Использует современные программные комплексы для решения типовых задач в области защиты окружающей среды.  <b>ОПК-1.3</b> Использует современные программные комплексы в области промышленной безопасности для оценки рисков для человека, производственных объектов и окружающей среды  <b>ОПК-1.4</b> Использует современные базы данных и программные комплексы для решения задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека  <b>ОПК-1.5</b> Выбирает критерии предельного состояния технических устройства  <b>ОПК-1.6</b> Определяет условия безопасной эксплуатации конкретных технических устройств</p>	<p><b>Знать</b>  - 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.  <b>Уметь</b>  - проводить расчеты тепловых и взрывных зон поражения, возникающих при горении и взрыве в техносфере;  - проводить расчеты наружных контактных и неконтактных зарядов;  <b>Владеть</b>  - 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 промежуточно й аттестации (по семестрам)	
				лек ци и	Практически е занятия	СР	конт роль	всег о		
Общ ая труд оем кост ь	Из них – практ ическ ая подго товка									
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	
	<b>Промежуточная аттестация</b>	6						36	36	экзамен
	<b>итога</b>			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 нирозэфиров, 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	$\text{CH}_3\text{OH}$	2 кг	Воздух	$T = 300 \text{ K}$ $P = 101325 \text{ Па}$ $\varphi = 3$

**Пример варианта контрольного задания 2**

**Задача 2 Рассчитать объем образующихся продуктов, м<sup>3</sup>, 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	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	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	$\text{CO} - 40 \%$ , $\text{C}_3\text{H}_8 - 50 \%$ , $\text{CO}_2 - 10 \%$	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	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	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 <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 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 <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> )

## 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 м<sup>3</sup> 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 м<sup>3</sup> этана, пропана, бутана, пентана и гексана. Построить зависимость  $Q_H$  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	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 05 октября 2021 года, протокол №2.