

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование технологических процессов производства авиационных, ракетных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ _____

Боряев Александр Александрович, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. _____

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментальные исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

основные положения химической термодинамики и теории горения

понимание взаимосвязи основных термодинамических параметров в различных процессах

понимание особенностей химических и аэротермодинамических процессов, протекающих в камерах сгорания тепловых машинах

экспериментальных исследований свойств и состава рабочих тел;;

умения:

проводить анализ работы тепловых машин и установок;;

навыки:

расчет основных теплофизических характеристик рабочих тел;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ХИМИЯ, ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ КАМЕР СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ, РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ВРД**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1
4	7	Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложении к химическим процессам. 1.1. Нулевой закон термодинамики. Первый закон термодинамики (закон Гесса). Тепловой эффект реакции. Энтальпия. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Системы отсчета энтальпии. Теплоемкость. 1.2. Второй закон термодинамики, энтропия. Изменение энтропии и энтальпии в термодинамических процессах. 1.3. Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нерста.	28	16	8	8	12	20
4	7	Раздел 2. Характеристические функции. 2.1. Характеристические функции – определение. Внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, изобарно-изотермический потенциал – как характеристические функции различных термодинамических процессах. 2.2. Уравнения Максвелла. Химический потенциал.	17	12	4	8	5	20
4	7	Раздел 3. Скорость химической реакции. 3.1. Определение скорости химической реакции. Порядок реакции. Константа скорости реакции Закон Аррениуса. Энергия активации. 3.2. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Характеристический интервал температуры. Скорость химической реакции как число активных соударений между частицами.	22	14	4	10	8	20
4	7	Раздел 4. Элементы теории горения. 4.1. Горение как совокупность физических и химических процессов. 4.2. Воспламенение смеси. Тепловое воспламенение. Цепное воспламенение. Период индукции, Вынужденное воспламенение. 4.3. Распространение пламени в газовых смесях. Тепловая теория распространения ламинарного пламени. Нормальная скорость распространения пламени. Турбулентное горение. Отвод тепла из зоны горения. Предельная скорость распространения пламени. 4.4. Гетерогенное горение. Общие закономерности гетерогенного горения. Диффузионная и кинетическая области горения. Горение одиночной капли жидкого горючего в среде окислителя. Горение углеродной частицы в потоке окислителя.	19	14	14	0	5	20
4	7	Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений. 5.1. Направление протекания процессов и термодинамические условия равновесия. Критерии равновесия и самопроизвольности процессов. Виды равновесия. Механическая интерпретация. 5.2. Фазовое равновесие. Правило фаз Гиббса. 5.3. Химическое равновесие. Общие условия химического равновесия. Эквивалентная химическая формула термодинамической системы. Определение температуры ТДС при $P, T = \text{const}$. Определение температуры ТДС при условии химического равновесия.	22	12	4	8	10	20
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложении к химическим процессам.	Тепловой эффект реакции. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Системы отсчета энтальпии.	8
2	Раздел 2. Характеристические функции.	Внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, изобарно-изотермический потенциал – как характеристические функции в различных термодинамических процессах.	8
3	Раздел 3. Скорость химической реакции.	Скорость химической реакции как число активных соударений между частицами.	10
4	Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений.	Определение равновесного химического состава и температуры ТДС при заданных давлениях и исходному химическому составу системы (термодинамический расчет).	8
Всего за 7 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов

1	Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложении к химическим процессам.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
2		Проработка материалов практических занятий	6
3	Раздел 2. Характеристические функции.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
4		Проработка материалов практических занятий	2
5	Раздел 3. Скорость химической реакции.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	4
6		Проработка материалов практических занятий	4
7	Раздел 4. Элементы теории горения.	Проработка материалов практических занятий	2
8		Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
9	Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	5
10		Проработка материалов практических занятий	5
Всего за 7 семестр			40

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	КПос	КПос	КПос	Отч. по ПЗ, КПос	КПос	ДР	КПос	КПос	Отч. по ПЗ, КПос	ДР	КПос	КПос	КПос	КПос	КПос	ДР	Вопр. Экз, КПос

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КПос – контроль посещаемости;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контроль посещаемости;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Теория горения и взрыва. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
2. А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 42 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474%20—%20Библиотечно-издательский%20центр%20БГТУ%20%22ВОЕНМЕХ%22%20им.%20Д.Ф.%20Устинова;%20—%20Библиотечноиздательский%20центр%20БГТУ%20%22ВОЕНМЕХ%22%20им.%20Д.Ф.%20Уст — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://ura.it.ru/book/statisticheskaya-fizika-i-termodynamika-492840> — Статистическая физика и термодинамика — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с обязательной частью блока 1 программы подготовки по направлению 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контроль посещаемости;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложении к химическим процессам.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1)	6
Проработка материалов практических занятий		6
Итого по разделу 1		12
Раздел 2. Характеристические функции.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1)	3
Проработка материалов практических занятий		2
Итого по разделу 2		5
Раздел 3. Скорость химической реакции.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1)	4
Проработка материалов практических занятий		4
Итого по разделу 3		8
Раздел 4. Элементы теории горения.		
Проработка материалов практических занятий	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2) . Теория горения и взрыва: Москва: Юрайт, 2020 (1-3)	2
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе		3
Итого по разделу 4		5
Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)	5
Проработка материалов практических занятий		5
Итого по разделу 5		10

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контроль посещаемости;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Контроль посещаемости

Контроль посещаемости осуществляется на каждом занятии.

Отчет по практическому заданию

Оценивается полнота и качество оформления отчета о практической работе, верность алгоритма и полученных результатов, способность их объяснить.

Работа считается сданной, если отчет не содержит ошибок или содержит незначительные ошибки, не влияющие на качество достигнутого результата, так же во время сдачи отчета, студенту могут быть заданы вопросы по теме практического задания (не более 3).

Вопросы к экзамену

Примеры заданий представлены в УМК дисциплины.

Экзамен

Экзамен предполагает ответы студента на 2 теоретических вопроса из билета.

Оценивается полнота и правильность ответа на вопросы.

Оценка «удовлетворительно»: полнота ответа на вопросы : не менее 50% по каждому вопросу.

Оценка «хорошо»: полнота ответа на вопросы: не менее 80% по каждому вопросу.

Оценка «отлично»: полнота ответа на вопросы: не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса из списка со степенью полноты ответа не менее 50% по каждому.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1	
4	7	Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложениях к химическим процессам.	28	16	8	8	12	20	Отчет по практическому заданию, Контроль посещаемости
4	7	Раздел 2. Характеристические функции.	17	12	4	8	5	20	Отчет по практическому заданию, Контроль посещаемости
4	7	Раздел 3. Скорость химической реакции.	22	14	4	10	8	20	Отчет по практическому заданию, Контроль посещаемости
4	7	Раздел 4. Элементы теории горения.	19	14	14	0	5	20	Вопросы к экзамену, Контроль посещаемости
4	7	Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений.	22	12	4	8	10	20	Отчет по практическому заданию, Контроль посещаемости
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	

Оценочные материалы по дисциплине ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Объясните различие между гомогенным и гетерогенным горением. Какие факторы лимитируют скорость гетерогенного горения в различных областях?

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между типом горения и его определяющим механизмом:

- | | |
|--|---|
| 1. Гомогенное горение | А. Скорость определяется диффузией реагентов к поверхности |
| 2. Гетерогенное горение в кинетической области | Б. Реакция протекает в объеме фазы, скорость зависит от температуры |
| 3. Гетерогенное горение в диффузионной области | В. Реакция протекает непредсказуемо |
| | Г. Скорость определяется кинетикой реакции на поверхности |

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между видом самовоспламенения и его механизмом:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. Цепное самовоспламенение | А. Иницируется внешним источником энергии (искра, раскаленное тело) |
| 2. Тепловое самовоспламенение реакции | Б. Обусловлено саморазогревом смеси за счет экзотермической реакции |
| 3. Вынужденное воспламенение | В. Происходит за счет накопления активных центров (радикалов) |
| | Г. Всегда сопровождается возникновением ударной волны |

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите правильную последовательность этапов развития цепного самовоспламенения.

1. Инициирование – образование первых активных центров (радикалов)
2. Развитие цепей – реакции с сохранением числа активных центров
3. Разветвление цепей – реакции с увеличением числа активных центров
4. Накопление критической концентрации активных центров
5. Обрыв цепей – гибель активных центров
6. Цепной взрыв (воспламенение), когда скорость разветвления превышает скорость обрыва

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите правильную последовательность стадий процесса горения одиночной капли жидкого топлива в окислительной атмосфере.

1. Диффузия окислителя из окружающей среды к поверхности горения
2. Испарение топлива с поверхности капли
3. Смещение паров топлива с окислителем и прогрев смеси
4. Протекание химической реакции в газовой фазе
5. Диффузия продуктов сгорания от зоны реакции

- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- При каком условии скорость гетерогенного химического процесса определяется исключительно диффузией?**
1. $K \ll \beta$
 2. $K \gg \beta$
 3. $K = \beta$
 4. $\beta = 0$
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Что характеризует «характеристический интервал температуры»?**
1. Температуру самовоспламенения
 2. Ширину зоны горения
 3. Чувствительность скорости реакции к температуре
 4. Температуру начала диссоциации
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какой закон описывает соотношение между площадью поверхности пламени и скоростью горения?**
1. Закон Аррениуса
 2. Закон Дальтона
 3. Закон Фурье
 4. Закон Михельсона
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие из перечисленных условий выполняются для идеального процесса в сопле ракетного двигателя?**
1. Процесс стационарный
 2. Течение без трения
 3. Наличие теплообмена с внешней средой
 4. Химическое равновесие в каждом сечении
 5. Постоянство энтропии
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие из следующих утверждений о химическом потенциале верны?**
1. Является интенсивным параметром системы
 2. Зависит от выбора нуля отсчета энергии
 3. Определяется как производная характеристической функции по количеству компонента
 4. Для идеальных газов зависит только от температуры
 5. Во всех фазах системы в равновесии имеет одинаковое значение
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие процессы приводят к росту энтропии в системе?**
1. Равновесное расширение газа
 2. Химическая реакция в неравновесных условиях

3. Диффузия вещества при наличии градиента концентрации

4. Теплопередача при наличии градиента температуры

5. Обратимый изотермический процесс

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Объясните различие между «замороженной» и полной теплоёмкостью. В каких условиях это различие становится существенным?