Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра металлургии черных металлов и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Техническая термодинамика и теплотехника

18.03.01 «Химическая технология»
(направленность (профиль): «Химическая технология неорганических веществ (в)»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: f751bff68056aa81d7a4109cd019dba418043418
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 17 мая 2024 г. по 10 августа 2025 г.
Дата и время: 09-04-2025 16:52:43 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– изучение основных положений технической термодинамики и теплотехники.

Задачами учебной дисциплины являются:

– формирование у обучающихся представления о термодинамических процессах, процессах горения топлива, промышленных способах получения теплоты, рабочих процессах и устройстве тепловых установок;
– развитие навыков расчетов параметров изучаемых процессов и установок.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 18.03.01 «Химическая технология».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физическая химия;
– Материаловедение.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Технология электротермических и углехимических производств;
– Теоретические основы электротермических производств;
– Оборудование электротермических и углехимических производств;
– Химическая технология неорганических веществ;
– Общая химическая технология;
– Процессы и аппараты химической технологии;
– Химические реакторы.

## 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### – Общепрофессиональные компетенции

| Наименование категории (группы) ОПК | Код и наименование ОПК | Код и наименование индикатора достижения ОПК | Планируемые результаты обучения |
|---|---|---|---|
| Профессиональная методология | ОПК-2: Способен использовать | ОПК-2.2 Применяет естественнонаучные | – знать: химические, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности | методы при решении практических и прикладных задач | физико-химические и физические свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе.<br>– уметь: использовать знания химических, физико-химических и физических свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности. |
| Инженерная и технологическая подготовка | ОПК-4: Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья | ОПК-4.1 Выбирает способы обеспечения проведения технологических процессов | – знать: способы проведения технологического процесса в соответствии с регламентом.<br>– уметь: осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом. |
| | | ОПК-4.3 Оценивает влияние изменения параметров технологического процесса на изменение свойств сырья | – знать: влияние изменения свойств сырья на оптимизацию технологического процесса.<br>– уметь: анализировать влияние изменения свойств сырья на оптимизацию технологического процесса. |

## 4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## Объем учебной дисциплины

| Семестр / курс | | ***ИТОГО*** | ***5 семестр*** |
|---|---|---|---|
| Форма промежуточной аттестации | | | *экзамен* |
| Трудоёмкость | *академ. час.* | ***180*** | *180* |
| | *зачетных единиц* | ***5*** | *5* |
| Лекции, *академ. час.* | | ***16*** | *16* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Лабораторные работы, *академ. час.* | | ***0*** | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Практические занятия, *академ. час.* | | ***16*** | *16* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Курсовая работа / проект, *академ. час.* | | ***0*** | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Консультации, *академ. час.* | | ***0*** | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Самостоятельная работа, *академ. час.* | | ***112*** | *112* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Контроль, *академ. час.* | | ***36*** | *36* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |

## Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Основные положения технической термодинамики (Основные понятия технической термодинамики. Первый закон термодинамики. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Второй закон термодинамики. Понятие цикла. Эксергия. Понятие эксергии. Эксергия системы. Эксергия теплоты. Эксергетический КПД);

Раздел 2 Термодинамические процессы в закрытых и открытых системах (Термодинамические процессы в закрытых системах. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный и политропный процессы идеальных газов. Термодинамические процессы реальных газов. Определение параметров воды и пара. Основные термодинамические процессы водяного пара. Термодинамические процессы в открытых системах. Истечение из суживающегося сопла. Основные закономерности течения газов в соплах и диффузорах. Дросселирование газов и паров. Процессы смешивания. Рабочие процессы в машинах для сжатия и расширения газов);

Раздел 3 Анализ высокотемпературных тепловыделяющих и теплоиспользующих установок (Основы теории горения и организация сжигания топлива. Характеристика всех видов топлива. Методика расчетов процесса горения. Закономерности гетерогенного горения. Способы сжигания твердого топлива. Топочные устройства, основы расчета топочных устройств. Высокотемпературные теплоиспользующие установки химической технологии. Паро- и теплогенераторы, применяемые в химической технологии. Паровой котел и его элементы. Тепловой и эксергетический балансы парогенератора. Парогенераторы специального назначения. Теплоснабжение промышленных предприятий. Анализ циклических процессов преобразования теплоты в работу. Теплосиловые установки химической технологии. Циклические процессы преобразования и трансформации теплоты. Теплосиловые и газовые циклы. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл газотурбинной установки. Теплофикационные циклы);

Раздел 4 Термодинамический анализ энерго-химико-технологических систем (Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Виды ВЭР: горючие, тепловые и избыточного давления. Эксергетическая характеристика энергетических отходов. Основные направления утилизации ВЭР: тепловое и силовое использование. Энерготехнологическое комбинирование. Задачи и принципы комбинирования химико-технологических систем с элементами энергетических подсистем. Особенности и достоинства эксергетического метода анализа. Энергетический и эксергетический балансы энерго-химико-технологических систем и отдельных элементов).

## 5 Перечень тем лекций

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы лекций** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | Основные положения технической термодинамики | 3 | |
| Раздел 2. | Термодинамические процессы в закрытых и открытых системах | 5 | |
| Раздел 3. | Анализ высокотемпературных тепловыделяющих и теплоиспользующих установок | 5 | |
| Раздел 4. | Термодинамический анализ энерго-химико-технологических систем | 3 | |
| **Итого:** | | **16** | **0** |

## 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

| № раздела / темы дисциплины | Темы практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | Расчет эксергетических показателей | 2 | |
| Раздел 2. | Определение параметров водяного пара и расчет термодинамических процессов | 2 | |
| Раздел 3. | Расчет процесса горения топлива | 6 | |
| Раздел 4. | Технологические расчеты котла-утилизатора | 6 | |
| **Итого:** | | **16** | **0** |

## 7 Перечень тем лабораторных работ

| № раздела / темы дисциплины | Темы лабораторных работ | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |
| **Итого:** | | **0** | **0** |

## 8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

| № раздела / темы дисциплины | Темы курсовых работ (проектов) | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |
| **Итого:** | | **0** | **0** |

## 9 Виды самостоятельной работы

| № раздела / темы дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1;<br>Раздел 2;<br>Раздел 3;<br>Раздел 4. | 1. Подготовка к практическому занятию. | 60 | |
| Раздел 1;<br>Раздел 2;<br>Раздел 3;<br>Раздел 4. | 1. Изучение лекционного материала. | 52 | |
| *Контроль* | *Подготовка к экзамену* | 36 | |
| **Итого:** | | **148** | **0** |

## 10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

| Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Контролируемые компетенции | Оценочные средства |
|---|---|---|
| Раздел 1;<br>Раздел 2;<br>Раздел 3;<br>Раздел 4. | ОПК-2;<br>ОПК-4 | 1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе;<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии |
| Раздел 1;<br>Раздел 2;<br>Раздел 3;<br>Раздел 4. | ОПК-2;<br>ОПК-4 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>3. Оценка участия в работе на лекционном занятии;<br>4. Тестовые задания |
| Экзамен. | ОПК-2;<br>ОПК-4 | 1. Вопросы к экзамену;<br>2. Задачи к экзамену |

## 11 Входной контроль

**11.1 Цель входного контроля** − определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

### 11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 20 минут.

Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО «Moodle».

Для проведения тестирования используются тестовые задания для входного контроля (для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 1 минута).

### Шкала оценивания результатов тестирования

За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. Оценка выставляется в зависимости от процента правильных ответов:

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

| Процент результативности (правильных ответов) | Оценка |
|---|---|
| 86 до 100 | «отлично» |
| от 67до 85 | «хорошо» |
| от 50 до 66 | «удовлетворительно» |

| | |
|---|---|
| менее 50 | «неудовлетворительно» |

Основываясь на результатах тестирования, формируется индивидуальная траектория обучающегося (группы обучающихся), исходя из следующих соображений:

– 86 – 100 % – обучающийся готов к изучению учебной дисциплины без дополнительного повторения изученного ранее материала;

– 50 – 67 % – обучающийся в целом готов к изучению учебной дисциплины, требуется повторение отдельных вопросов(тем) изученного ранее материала, необходимого для успешного освоения учебной дисциплины;

– 49% и менее – обучающийся имеет слабую подготовку к изучению учебной дисциплины, необходимы корректирующие занятия и консультации.

**Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.**

## 12 Текущий контроль

**12.1 Текущий контроль знаний** используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на практическом занятии; оценка участия в работе на лекционном занятии; тестовые задания.

### 12.2 Описание оценочных средств

### Шкалы оценивания (методики оценки)

#### 12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

**Критерии оценки:**

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке

обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

### 12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

| Максимальный балл | Проходной балл | Оценка |
|---|---|---|
| 20 | не менее 18 | отлично |
| 17 | не менее 14 | хорошо |
| 13 | не менее 10 | удовлетворительно |
| 9 | – | неудовлетворительно |

### 12.2.3 Рекомендации по оцениванию участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Формирование у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию проявляется в обязательном его присутствии на лекционном занятии.

На лекционных занятиях происходит формирование информационной компетентности обучающихся, в том числе способности фиксировать информацию с помощью конспектирования учебного материала. Преподаватель на лекционных занятиях акцентирует внимание обучающихся на том, как необходимо оформлять конспект лекций в тетради. По окончании лекционных занятий преподаватель осуществляет проверку тетрадей обучающихся и оценивает их.

Критерии оценки участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|

| | за одно лекционное занятие |
|---|---|
| Наличие у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию, выраженное в посещении лекций | 0,5 |
| Умение конспектировать учебный материал в тетради, в том числе:<br>- материал изложен последовательно, четко и аккуратно<br>- в конспекте имеются изученные темы, основные термины, схемы | 0,5 |
| Всего | 1 |

Если по результатам оценки участия обучающийся в лекционных занятиях в среднем за семестр обучающийся набрал не менее 0,5 баллов, то ему выставляется оценка «зачтено», менее 0,5 баллов – «не зачтено».

### 12.2.4 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

**Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:**

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями. | 2,5 |
| Указанные в методических указаниях действия выполняет в | 1,25 |

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники. | |
| Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы. | 1,25 |
| **Итого** | **5** |

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

### 12.2.5 Рекомендации по оцениванию ответов на вопросы в процессе собеседования при защите отчета о практической работе

Подготовку к защите отчета о практической работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы. Вопросы для подготовки к защите отчета о практической работе представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

**Критерии оценки устных ответов на вопросы при защите отчета о практической работе:**

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей обучающихся).

Критерии оценки устных ответов обучающихся на вопросы при защите отчета о практической работе

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| Излагает материал последовательно и правильно; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания. | 2,5 |
| Обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные. | 1,25 |

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| Рационально использует время, отведенное на ответ; устный ответ не затянут во времени. | 1,25 |
| **Итого** | **5** |

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

**Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.**

## 13 Промежуточная аттестация

**13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации** обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к экзамену; задачи к экзамену.

### 13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

| Оценка | Требования к знаниям |
|---|---|
| отлично | Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций. |
| хорошо | Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения. |
| удовлетворительно | Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при |

| Оценка | Требования к знаниям |
|---|---|
| | выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой. |
| неудовлетворительно | Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине. |

**Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.**

## 14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

**а) литература:**

1 Теплотехника : учебник для вузов / В. Л. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер [и др.] ; под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. – Москва : Высшая школа, 2000. – 671 с.;

2 Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. П. Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Химия, 1987. – 576 с.;

3 Кудинов, В. А. Теплотехника : учебное пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. – Москва : Абрис, 2012. – 423 с. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200445.html (дата обращения: 04.04.2025);

4 Техническая термодинамика : учебник для вузов / В. И. Лобанов, Г. П. Ясников, Я. М. Гордон [и др.] ; под ред. А. С. Телегина. – Москва : Металлургия, 1992. – 237 с.;

5 Сидельковский, Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий : учебник для вузов / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев. – 3-е изд., перераб. – Москва : Энергоатомиздат, 1988. – 527 с. : ил. – ISBN 5283000168.;

6 Кушнырёв, В. И. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / В. И. Кушнырёв, В. И. Лебедев, В. А. Павленко. – Москва : Стройиздат, 1986. – 464 с.;

7 Полях, О.А. Техническая термодинамика и теплотехника : конспект лекций : для обучающихся по направлениям подготовки 18.00.00 Химические технологии, 22.00.00 Технологии материалов / О. А. Полях, И. В. Строкина ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет, Кафедра металлургии цветных металлов и химической

технологии. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2021. – Текст : электронный. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=32&lngEdition=7723&lngFile=7523&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles (дата обращения: 04.04.2025).

**б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 – ]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 – ]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 – ]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 – ]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 – ]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 – ]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

**в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

– 7-Zip;

– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис.

**г) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

## 15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), оснащенную оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 18.03.01 «Химическая технология».

Составитель(и):

доцент Полях Ольга Анатольевна (кафедра металлургии черных металлов и химической технологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Начальник КХП АО ЕВРАЗ ЗСМК  Р.С. Ларин

## Приложение

## Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

**Выберите один правильный ответ.**

1 Влияние изменений, которые происходят в равновесной химической системе под влиянием внешних воздействий, определяется

- принципом Ле Шателье
- принципом квазистационарности
- правилом Вант-Гоффа
- правилом фаз Гиббса

2 Как записывается закон действующих масс для гомогенной газовой реакции

$$CH_{4(г)} + 2O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)};$$

- $K^0(T) = \frac{P_{CH_4} \cdot P_{O_2}^2}{P_{CO_2} \cdot P_{H_2O}^2}$
- $K^0(T) = \frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2O}^2}{P_{CH_4} \cdot P_{O_2}^2}$
- $K^0(T) = \frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2O}}{P_{CH_4} \cdot P_{O_2}}$
- $K^0(T) = \frac{P_{CO_2}}{P_{CH_4} \cdot P_{O_2}^2}$

3 Уравнения реакций, в которых при изменении давления не происходит смещения равновесия, имеют вид …

- $SO_{2(г)} + NO_{2(г)} \leftrightarrow SO_{3(г)} + NO_{(г)}$
- $Fe_2O_{3(т)} + 3CO_{(г)} \leftrightarrow 2Fe_{(т)} + 3CO_{2(г)}$
- $4S_{(т)} + CH_{4(г)} \leftrightarrow CS_{2(г)} + 2H_2S_{(г)}$
- $C_{(графит)} + 2H_2O_{(г)} \leftrightarrow 2H_{2(г)} + CO_{2(г)}$

4 Если температурный коэффициент химической реакции равен 2, то при повышении температуры от 20°С до 50°С скорость реакции

- увеличивается в 6 раз
- уменьшается в 4 раза
- уменьшается в 2 раза
- увеличивается в 8 раз

5 Выражение кинетического закона действующих масс для скорости прямой гомогенной реакции $\nu_1 A + \nu_2 B = \nu_3 C$ имеет вид…

- $\vartheta = \kappa \cdot C_A^{n_1} C_B^{n_2}$
- $\vartheta = \kappa \cdot C_A C_B$
- $\vartheta = \kappa \cdot C_C^{n_3}$
- $\vartheta = \kappa \dfrac{C_A^{n_1} \cdot C_B^{n_2}}{C_C^{n_3}}$

6 Какие реакции называются гомогенными?

- между веществами, находящимися в одной фазе
- реакции, протекающие на поверхности раздела фаз
- продукты реакции и исходные вещества находятся в одной фазе
- продукты реакции и исходные вещества находятся в разных фазах

7 Для увеличения скорости прямой реакции $2SO_2(г)+O_2(г)\rightarrow 2SO_3(г)$ в 9 раз необходимо концентрацию $SO_2$ увеличить в _____раз(а)

- 18
- 4,5
- 3
- 9

8 Порядком химической реакции называется

- последовательность элементарных стадий химической реакции
- последовательность заполнения химического реактора реагентами
- сумма показателей степеней при концентрациях реагентов в кинетическом уравнении реакции

9 Согласно второго закона термодинамики в изолированных системах самопроизвольно протекают процессы, для которых справедливо выражение

- $\Delta S > 0,$
- $\Delta S < 0$
- $,\Delta G > 0,$
- $\Delta H = 0$

10 Если энтальпия образования $SO_2$ равна (-297 кДж/моль), то количество теплоты, выделяемое при сгорании 16 г серы, равно ___кДж

- 148,5
- 297,0
- 74.25
- 594

11 Согласно термохимическому уравнению $CH_{4(г)} + 2O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)};\ \Delta_r H^0$ = *-802,3 кДж,* объем метана (н.у), который необходим для получения 4011,5 кДж теплоты, составляет ___-л.

- 112, 0
- 56,0
- 168,0
- 224,0

12 Наибольшему значению энтропии соответствует состояние воды…

- $H_2O_{(ж)}$ 273К
- $H_2O_{(тв)}$ 273К
- $H_2O_{(тв)}$ 200К
- $H_2O_{(г)}$ 398К

13 Количественное соотношение между изменением внутренней энергии, теплотой и работой устанавливает _____ закон термодинамики

- второй
- нулевой
- первый
- третий

14 Уравнения реакций, протекание которых невозможно в стандартных условиях, имеют вид …

- $2MgSO_{4(т)} = 2MgO_{(т)} + 2SO_{2(г)} + O_{2(г)};\Delta_r H^\circ_{298} = 805кДж;\Delta S^\circ_{298} = 572Дж/К$
- $4S_{(т)} + CH_{4(г)} = CS_{2(г)} + 2H_2S_{(г)};\Delta_r H^\circ_{298} = 151{,}5\,кДж;\Delta S^\circ_{298} = 336Дж/К$
- $SO_{2(г)} + NO_{2(г)} = SO_{3(г)} + NO_{(г)};\Delta_r H^\circ_{298} = -41{,}5\,кДж;\Delta S^\circ_{298} = -22Дж/К$

- $Fe_2O_{3(т)} + 3CO_{(г)} = 2Fe_{(т)} + 3CO_{2(г)}; \Delta_r H^\circ_{298} = -27{,}7\,кДж; \Delta S^\circ_{298} = 13\,Дж/К$

15 Уравнения реакций, которые сопровождаются увеличением энтропии, имеют вид

- $C_{(графит)} + 2H_2O_{(г)} = 2H_{2(г)} + CO_{2(г)}$
- $(NH_4)_2CO_{3(т)} = 2NH_{3(г)} + CO_{2(г)} + H_2O_{(г)}$
- $SO_{2(г)} + NO_{2(г)} = SO_{3(г)} + NO_{(г)}$
- $BaO_{(т)} + CO_{2(г)} = BaCO_{3(т)}$

16 Какие значения может принимать константа равновесия химической реакции?

- положительные
- любые
- отрицательные

17 Для реакций FeO + C= Fe + CO и CaO + C= Ca + CO закон действующих масс записывается одинаково: $K(T)=P_{CO}$. Равны ли константы равновесия этих реакций? Почему?

- равны
- неравны

18 Как изменяется константа равновесия с увеличением температуры, если $\Delta_r H^0 > 0$

- уменьшается
- увеличивается
- остается неизменной

19 Для некоторой реакции при температуре Т $\Delta_r G^0(T) = 0$, что можно сказать о состоянии реагентов в системе

- находятся в равновесии при стандартных условиях
- компоненты А и В обладают химическим сродством друг к другу
- компоненты С и D обладают химическим сродством друг к другу
- находятся в равновесии при произвольных условиях

20 Как и при каких условиях по изменению энергии Гиббса можно судить о направлении самопроизвольного протекания реакции

- $\Delta_r G(T)<0$ при T=const, V=const

- $\Delta_r G(T)>0$ при T=const, P=const
- $\Delta_r G(T)<0$ при T=const, P=const
- $\Delta_r G(T)>0$ при T=const, V=const

**Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины**

Перечень вопросов для устного опроса:

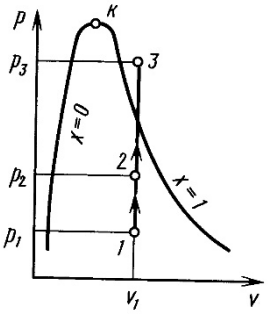
1 Сущность первого закона термодинамики?
2 Сущность второго закона термодинамики?
3 Что называется массовой теплоемкостью?
4 Что называется средней теплоемкостью?
5 Что называется мольной теплоемкостью?
6 Что называется объемной теплоемкостью?
7 Что называется изобарной теплоемкостью?
8 Что называется изохорной теплоемкостью?
9 Что называется функцией состояния?
10 Что называется функцией процесса?
11 Какие функции относятся к функциям процесса?
12 Какие функции относятся к функциям состояния?
13 Какие составляющие входят в работу, совершаемую движущимся потоком газа (жидкости)?
14 Что такое работа проталкивания?
15 Как записывается изменение кинетической энергии потока?
16 Как записывается изменение потенциальной энергии потока?
17 Что такое термический коэффициент полезного действия цикла?
18 Какой цикл называется прямым?
19 Приведите примеры необратимых процессов.
20 Какие условия необходимы для получения максимально возможной работы?
21 Что называется эксергией системы?
22 Что называется эксергией теплоты?
23 Какое уравнение называется уравнением Гюи-Стодолы?
24 Как определяется количество теплоты, подведенной к рабочему телу, в изобарном процессе?
25 Как определяется количество теплоты, подведенной к рабочему телу, в изотермическом процессе?
26 Как определяется количество теплоты, подведенной к рабочему телу, в адиабатном процессе?

**3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы**

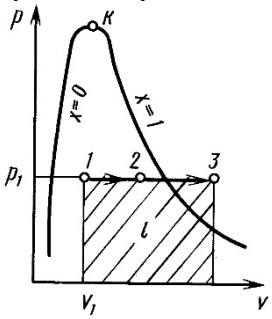
Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle» или на бумажном носителе.

Перечень вопросов для тестирования:

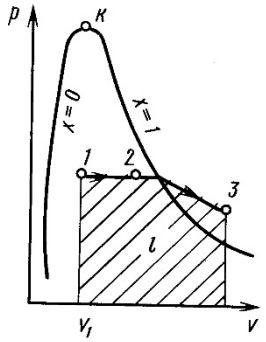
1 Укажите P-V диаграмму изохорного процесса.



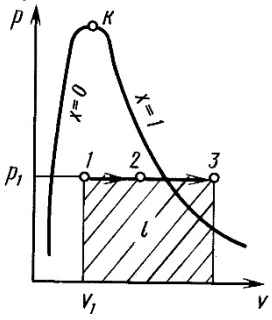

а)




б)

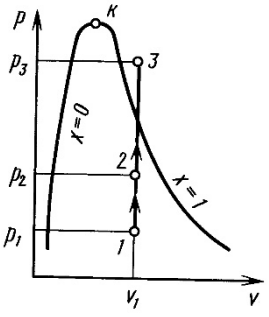



в)

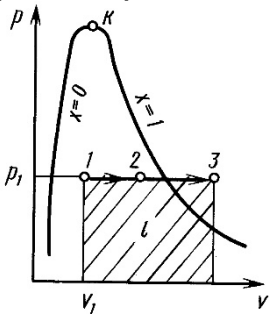



г)

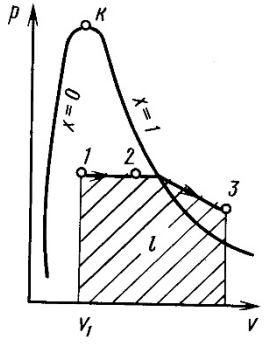
2 Укажите P-V диаграмму изобарного процесса.



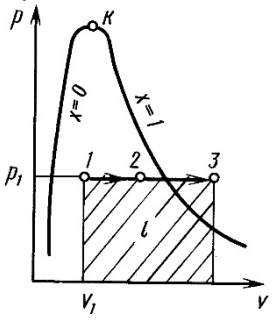

а)




б)

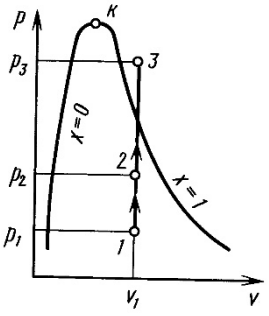



в)

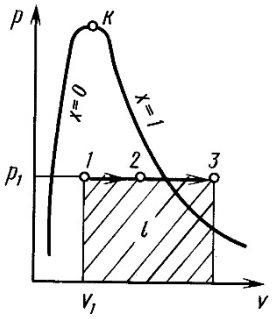



г)

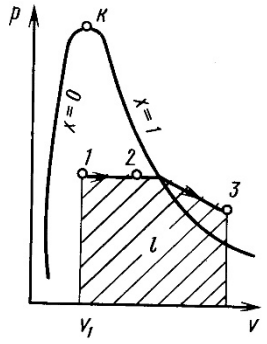
3 Укажите P-V диаграмму адиабатного процесса.



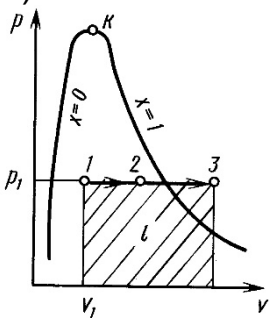

а)




б)

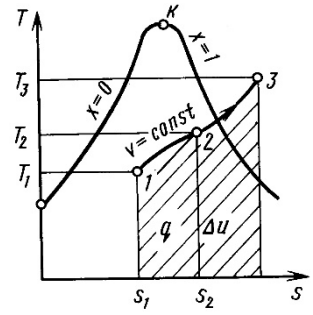



в)

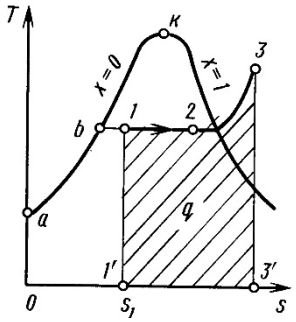



г)

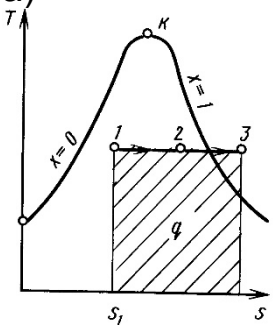
4 Укажите T-S диаграмму изохорного процесса изменения состояния пара.



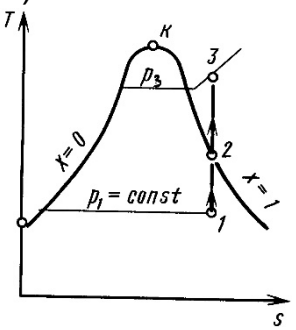

а)




б)

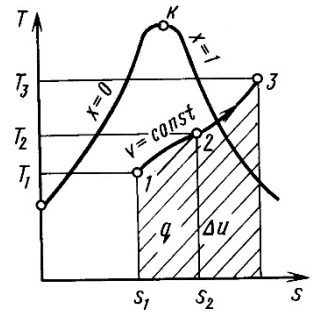



в)

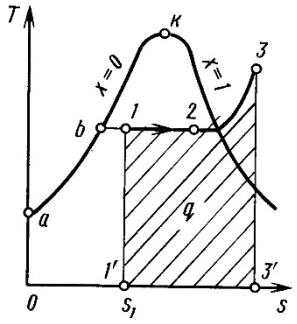



г)

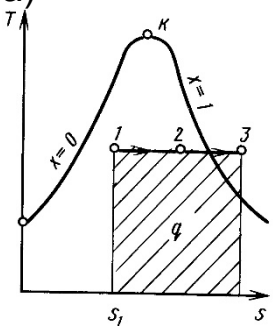
5 Укажите T-S диаграмму изобарного процесса изменения состояния пара.



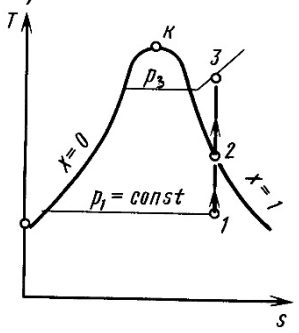

а)




б)

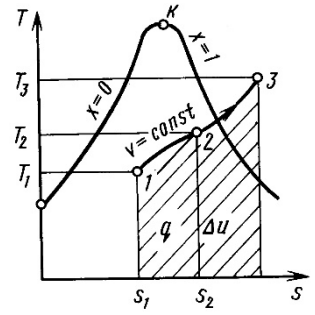



в)

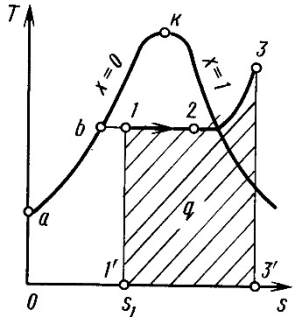



г)

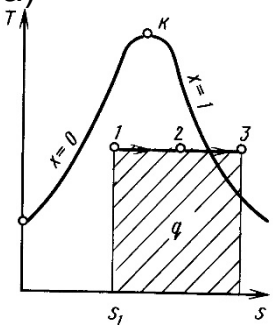
6 Укажите T-S диаграмму изотермического процесса изменения состояния пара.



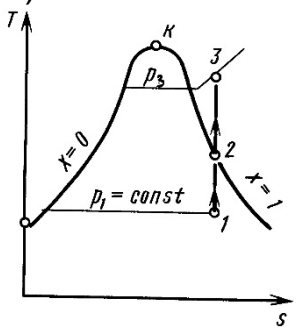

а)




б)

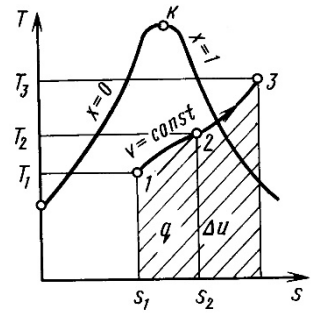



в)

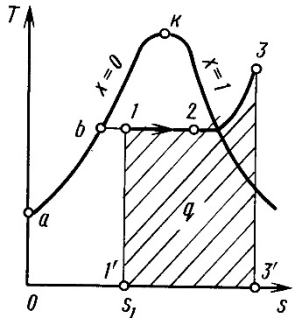



г)

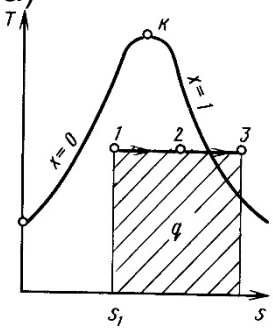
7 Укажите T-S диаграмму адиабатного процесса изменения состояния пара.



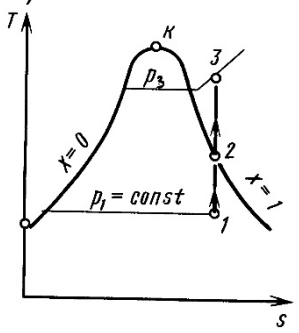

а)




б)



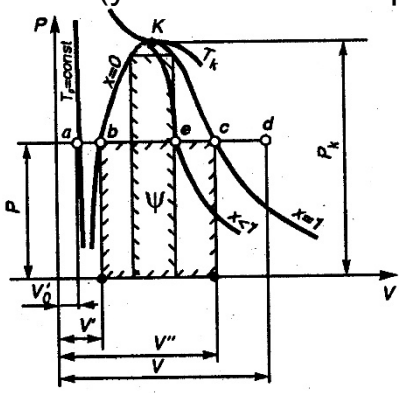

в)




г)

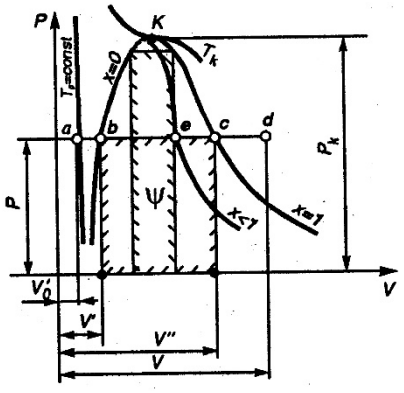
8 Какая линия на рисунке соответствует нулевой изотерме?

(укажите свой вариант ответа)



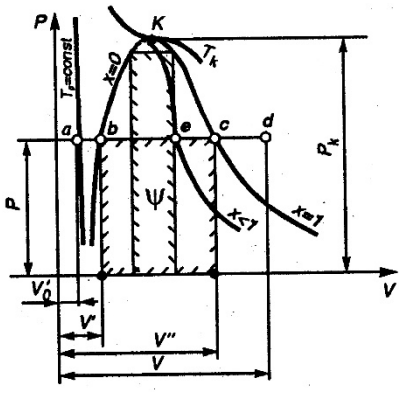

9 Какая линия на рисунке соответствует нижней пограничной кривой?

(укажите свой вариант ответа)



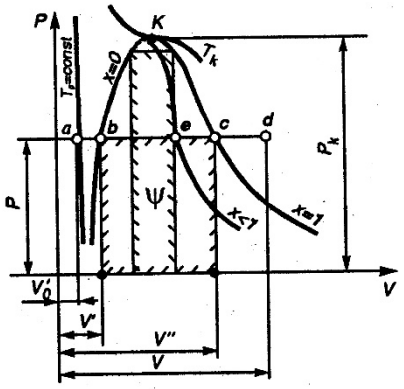

10 Какая линия на рисунке соответствует верхней пограничной кривой?

(укажите свой вариант ответа)



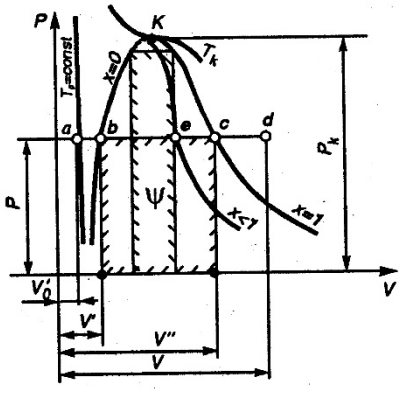

11 Какая линия на рисунке соответствует подогреву воды от $0^0$С до температуры насыщения?

(укажите свой вариант ответа)



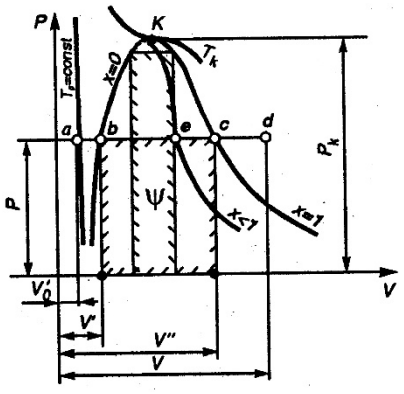

12 Какая линия на рисунке соответствует процессу парообразования?

(укажите свой вариант ответа)

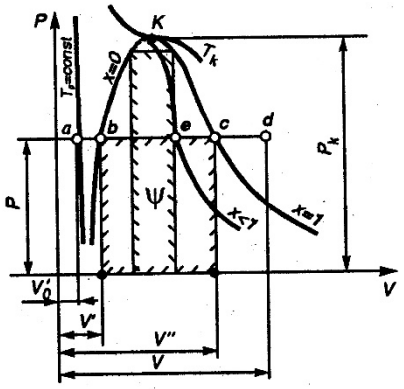



13 Какую зависимость изображает нижняя пограничная кривая (рисунок)?

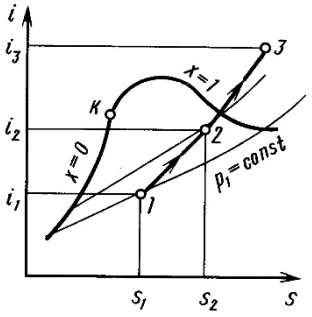
(укажите свой вариант ответа)



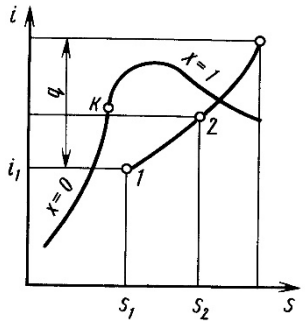

14 Какую зависимость изображает нулевая изотерма (рисунок)? (укажите свой вариант ответа)



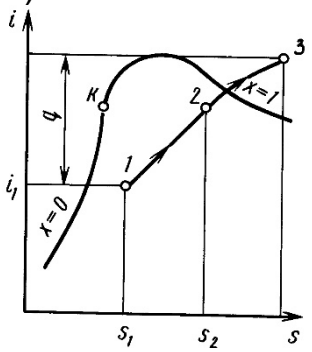

15 На каком из рисунков изображена i-S диаграмма изохорного процесса изменения состояния пара?



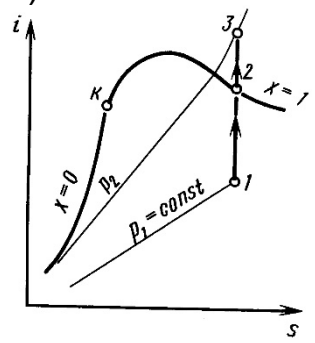

а)




б)

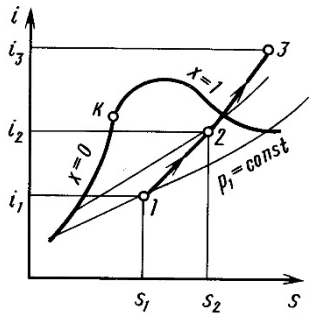



в)

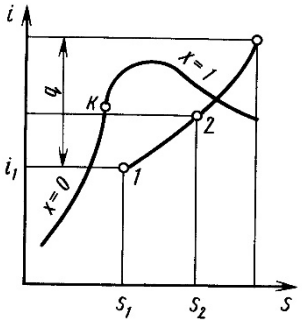



г)

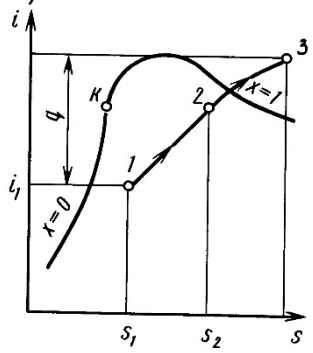
16 На каком из рисунков изображена i-S диаграмма изобарного процесса изменения состояния пара?



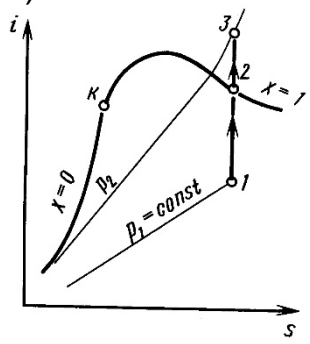

а)




б)

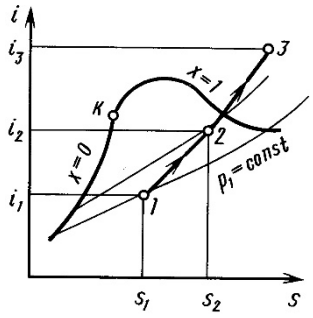



в)

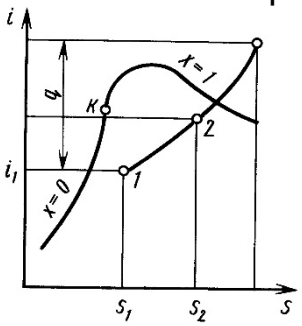



г)

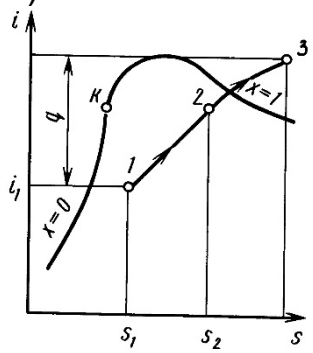
17 На каком из рисунков изображена i-S диаграмма изотермического процесса изменения состояния пара?



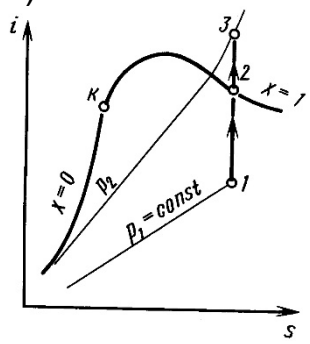

а)




б)

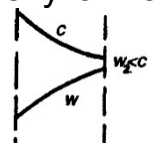



в)

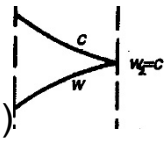



г)

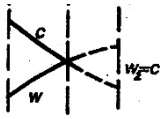
18 На каком из рисунков изображен характер изменения скорости звука и скорости истечения газа при $\beta>\beta_{кр}$?



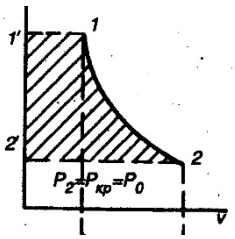

а)




б)

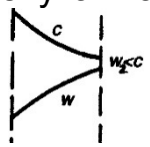



в)

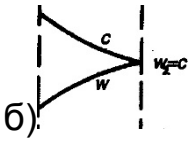



г)

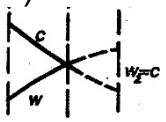
19 На каком из рисунков изображен характер изменения скорости звука и скорости истечения газа при $\beta=\beta_{кр}$?



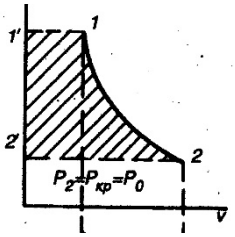

а)




б)

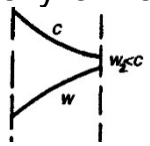



в)

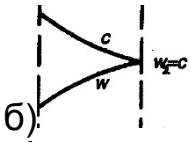



г)

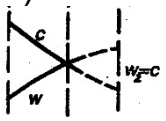
20 На каком из рисунков изображен характер изменения скорости звука и скорости истечения газа при $\beta<\beta_{кр}$?



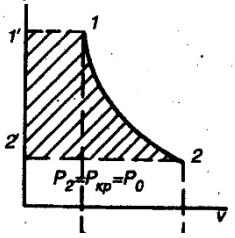

а)




б)

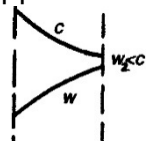



в)

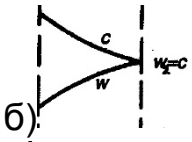



г)

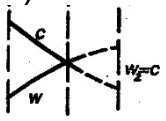
21 Какой из рисунков соответствует соплу, суживающемуся по всей длине?



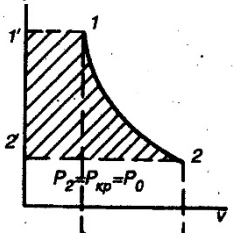

а)




б)

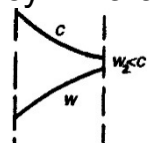



в)

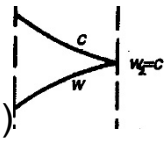



г)

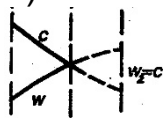
22 Какой из рисунков соответствует соплу, сначала суживающемуся, а затем имеющему постоянное сечение?



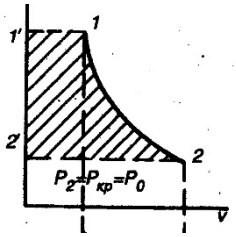

а)




б)



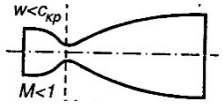

в)




г)

23 В каком сопле достигается сверхзвуковая скорость?
(укажите свой вариант ответа)

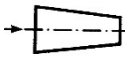
24 На каком из рисунков изображено сопло Лаваля?




а)

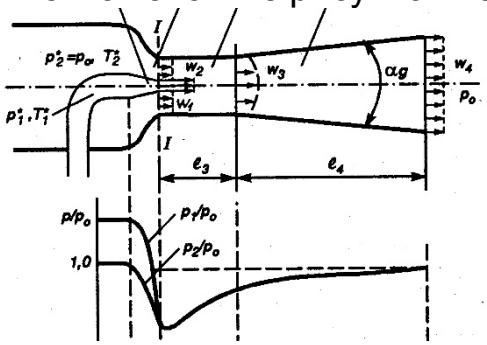


б)

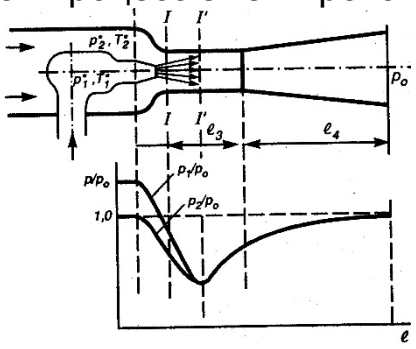


в)

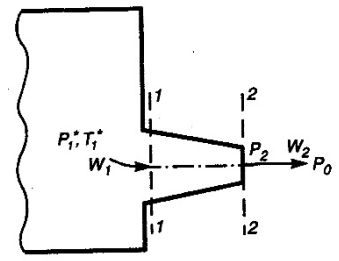
25 На каком из рисунков изображен процесс эжектирования?



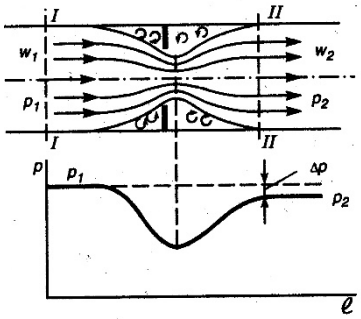

а)




б)




в)




г)

## 4 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

## 5 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1 Первый закон термодинамики. Уравнение первого закона термодинамики для потока.

2 Второй закон термодинамики. Понятие цикла.

3 Эксергия. Понятие эксергии. Эксергия системы.

4 Эксергия теплоты. Эксергетический КПД.

5 Термодинамические процессы в закрытых и открытых системах.

6 Термодинамические процессы в закрытых системах. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный и политропный процессы идеальных газов.

7 Термодинамические процессы реальных газов. Определение параметров воды и пара.

8 Основные термодинамические процессы водяного пара.

9 Термодинамические процессы в открытых системах.

10 Истечение из суживающегося сопла. Основные закономерности течения газов в соплах и диффузорах.

11 Дросселирование газов и паров. Процессы смешивания.

12 Рабочие процессы в машинах для сжатия и расширения газов.

13 Анализ высокотемпературных тепловыделяющих и теплоиспользующих установок.

14 Основы теории горения и организация сжигания топлива. Характеристика всех видов топлива.

15 Закономерности гетерогенного горения.

16 Способы сжигания твердого топлива.

17 Топочные устройства, основы расчета топочных устройств.

18 Высокотемпературные теплоиспользующие установки химической технологии. Паро- и теплогенераторы, применяемые в химической технологии.

19 Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).

20 Виды ВЭР: горючие, тепловые и избыточного давления.

21 Эксергетическая характеристика энергетических отходов.

22 Основные направления утилизации ВЭР: тепловое и силовое использование.

23 Энерготехнологическое комбинирование. Задачи и принципы комбинирования химико-технологических систем с элементами энергетических подсистем.

24 Перечислить различия P-V диаграммы и индикаторной диаграммы.

25 Опишите процесс дросселирования.

## 6 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

1 Газ, который можно считать идеальным, находится в цилиндре под свободнодвижущимся поршнем. Диаметр цилиндра 20 см. В начальных условиях при температуре 30 оС газ занимает объем 0,012 м3. До какой температуры должен быть нагрет газ при постоянном давлении, чтобы поршень поднялся на 29 см?

2 В камере холодильника находится воздух при температуре 0$^{o}$С и давлении 1013 гПа. Определить удельный объем воздуха в камере, а также объем камеры, если известно, что масса воздуха, находящегося в ней, равна 646 кг.

3 Во сколько раз больше воздуха (по массе) вмещает баллон при температуре -20$^{o}$С, чем при температуре 60$^{o}$С? В обоих случаях давление воздуха одинаковое.

4 Компрессор всасывает влажный воздух, относительная влажность которого 80%, а температура 17$^{o}$С, и подает его в систему пневматического регулирования. Сколько водяного пара попадает в систему в течение 1 ч, если расход воздуха 100 м$^3$/ч?

5 В первую ступень двухступенчатого воздушного компрессора поступает воздух ($p_1$=0,098 МПа, $t_1$=20$^{o}$С, $d_1$=6 г/кг). В первой ступени его давление повышается в 5 раз, после чего он охлаждается в водяном теплообменнике до 25$^{o}$С. Будет ли в этом теплообменнике происходить конденсация водяного пара, содержащегося в воздухе?

6 Какой объем углекислого газа выделится при полном сгорании 30 г углерода?

7 Какой объем углекислого газа выделится при полном сгорании 60 г углерода?

8 Какой объем углекислого газа выделится при полном сгорании 120 г углерода?

9 Необходимо при сжигании метана получить 150 МДж тепла. Термохимическое уравнение: $CH_4$(г) + 2$O_2$(г) = $CO_2$(г) + 2$H_2O$(г) + 802,3 кДж. Какой объем метана (н.у) необходим?

10 Определить абсолютное давление воздуха во всасывающем воздуховоде кондиционера, если разрежение в нем составляет 70 мм вод. ст., а атмосферное давление по ртутному барометру равняется 750 мм рт. ст. при 37°С.

11 Определить абсолютное давление рабочего тела в конденсаторе холодильной машины, если манометр показывает 14 бар, а атмосферное давление 1020 гПа.

12 Абсолютное давление рабочего тела в испарителе холодильной машины равно 0,09 МПа. Атмосферное давление 749 мм рт. ст. Чему равно показание манометра (в кгс/см$^2$), установленного на испарителе?

13 Рассчитайте теплоту сгорания бензола в кДж/кг. Примеси составляют 20%. Вода выделяется в газообразном состоянии.

14 Рассчитайте калорийность водяного газа, содержащего 81% CO и 9% $H_2$ в кДж/м$^3$. Примеси составляют 10%. Вода выделяется в газообразном состоянии.

15 Вычислите теплоту сгорания газа в кДж/м$^3$, состоящего из 75% $C_3H_8$ и 25% $C_4H_{10}$ при нормальных условиях. Вода образуется в газообразном состоянии.