Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.07.2026 15:53:06
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____/Е. В. Сафонов/
“26” февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НАГРЕВЕ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ»

Направление подготовки
15.03.01. «Машиностроение»

Образовательная программа (профиль подготовки)
«Машины и технологии обработки материалов давлением»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик:

к.т.н., доцент _____ /Е.В. Крутина/

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии», к.т.н., доцент _____ /А.Г. Матвеев/

Руководитель образовательной программы «Машины и технологии обработки материалов давлением» канд.техн.наук, доцент каф «ОМДиАТ» _____ /Е.В. Крутина/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины 5
   - 3.3. Содержание дисциплины 6
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 7
   - 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы 7
   - 4.2. Основная литература 7
   - 4.3. Дополнительная литература 8
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы 8
   - 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 8
   - 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 8
5. Материально-техническое обеспечение 8
6. Методические рекомендации 8
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 9
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 10
7. Фонд оценочных средств 10
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 12
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 13
   - 7.3. Оценочные средства .....

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Дисциплина «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НАГРЕВЕ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ» является дисциплиной профессионального направления из раздела элективных дисциплин в подготовке бакалавров в технических учебных заведениях.

К **основным целям** освоения дисциплины «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НАГРЕВЕ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ» следует отнести:

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению;

– формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению;

– изучение физико-химических и химических процессов, происходящих в металле при нагреве, изучение современных технологий нагрева металла под обработку давлением, знакомство с конструкциями печей и описанием их работы, принятой терминологией, методикой расчета.

К основным задачам освоения дисциплины «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НАГРЕВЕ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ» следует отнести:

– овладение теоретическими и практическими навыками выбора методики нагрева заготовок под обработку материалов давлением

– расширение научного кругозора дает тот минимум фундаментальных знаний на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно выбрать ту методику нагрева, которая необходима в определенном процессе производства детали.

Обучение по дисциплине «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НАГРЕВЕ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Применяет естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования при решении задач, связанных с теоретическими или экспериментальными исследованиями ИОПК-1.2. Демонстрирует навыки использования знаний физики и математики для решения задач теоретических или экспериментальных исследований

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к числу профессиональных учебных дисциплин элективного цикла ООП. Дисциплина логически взаимосвязана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– Предметы блока «Высшая математика»;

– Физика;

– Материаловедение;

– Ресурсосберегающие технологии в обработке давлением;
– Основы проектирования и организации участков заготовительных производств;
– Теория и технология горячей объемной штамповки;
– Теория и технология прокатки.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 экзаменационных единиц (144 часа). Изучается на 4 семестре обучения. Форма промежуточной аттестации - экзамен.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			4 семестр	
1	**Аудиторные занятия**	**54**	54	
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36	
1.3	Лабораторные занятия			
2	**Самостоятельная работа**	**90**	90	
	В том числе:			
2.1	Подготовка к семинарским занятиям и защите самостоятельной работы	50	50	
2.2	Самостоятельное изучение теоретического материала и подготовка к экзамену	40	40	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Экзамен/диф.экзамен/экзамен	**экзамен**	экзамен	
	Итого	**144**	144	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1.**						**90**
	Тема 1. Работа в макросистеме.		2	4			10
	Тема 2. Нагрев и охлаждение металла			4			10

	Тема 3. Электронагрев металла и нагревательные устройства.		4	4			10
	Тема 4. Нагревательный индуктор		2	4			10
	Тема 5. Контактный нагрев.		2	4			10
	Тема 6. Нагрев в печах сопротивления		2	4			10
	Тема 7. Пламенный нагрев.		2	4			10
	Тема 8. Передача теплоты теплопроводностью			4			10
	Тема 9. Тепловой баланс пламенной печи		4	4			10
			18	**36**			**90**

3.3 Содержание дисциплины

Нагрев и охлаждение металла. Основные параметры, характеризующие процесс нагрева. Температура нагрева. Температурный интервал пластического деформирования. Явления, происходящие в металле при нагреве. Тепловые и структурные напряжения. Окисление и обезуглероживание. Расчёт продолжительности нагрева. Охлаждение металла. Особенности нагрева цветных металлов.

Электронагрев металла и нагревательные устройства. Индукционный нагрев. Физическая сущность индукционного нагрева. Теплопередача при индукционном нагреве. Коэффициент полезного действия: электрический, термический, полный. Выбор частоты тока и определение продолжительности нагрева.

Нагревательный индуктор. Виды индукторов. Определение размеров индуктора. Нагрев металла на промышленной частоте, двухчастотный и изотермический нагрев. Индукционные установки для малоокислительного и безокислительного нагрева. Пламенно-индукционный нагрев

Контактный нагрев. Сущность нагрева. Коэффициент полезного действия установки. Устройство и основные виды установок. Контакты, контактное давление и распределение температуры по длине заготовки. Определение времени нагрева. Область применения, преимущества и недостатки контактного нагрева.

Нагрев в печах сопротивления. Нагревательные элементы и их расчёт. Применение электропечей сопротивления для нагрева цветных металлов. Управление электрическими нагревательными печами и устройствами. Контроль температуры. Техника безопасности при обслуживании.

Пламенный нагрев. Топливо и его сжигание. Сущность процесса горения. Устройство горелочных блоков. Контроль процесса горения.

Основы теплопередачи в печах. Основное уравнение кинетической теории газов. Гипотеза Больцмана о распределении средней энергии по степеням свободы. Уравнение состояние идеального газа. Явление Ван-дер-Ваальса. Термодинамическое равновесие по Максвеллу.

Работа в макросистеме. Камера Вильсона. Траектория заряженных частиц. Строение кристаллов. Симметрия кристаллов. Физические типы. Кристаллизация металлов. Фазовые превращения.

Передача теплоты теплопроводностью при стационарном и нестационарном состояниях, через однослойную и многослойную стенку. Коэффициент теплопроводности. Передача теплоты конвекцией. Формула Ньютона. Лучистый теплообмен. Закон Стефана-Больцмана и Кирхгофа. Теплопередача в рабочем пространстве нагревательной печи. Определение количества теплоты передаваемой от газов на металл с учётом косвенной теплопередачи кладки. Передача теплоты от дымовых газов к атмосфере цеха через плоскую многослойную стенку. Потери теплоты излучением через открытые окна. Защита от теплового излучения.

Тепловой баланс пламенной печи. Конструкция пламенных печей. Материалы для строительства печей. Элементы конструкции печей: кладка стен и свода, каркас, под. Механизация посадки, перемещения и выгрузка заготовок.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Практические занятия

Практическая работа 1. Расчет теплопроводности печи.
Практическая работа 2. Расчет теплопроводности многослойной печи
Практическая работа 3. Расчет индукционного нагревателя
Практическая работа 4. Построение кривых изменений температурных напряжений

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы/проекты не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 34518-2019 Печи промышленные и агрегаты тепловые

4.2 Основная литература

1. Петров П.А., Крутина Е.В., Калпин Ю.Г. Нагрев и нагревательные устройства кузнечного производства. Учебное пособие. М: МАМИ, 2010.
2. Иродов Е.И. Квантовая физика. Основные законы. Учебное пособие, 2001, - 272 с.

4.2.1 Дополнительная литература

1 Степанов Б.А., Айрапетян А.С., Лавриненко В.Ю. Электронагрев заготовок под штамповку. Учебное пособие. М.: МГИУ, 2008, 140 с

4.2.2 Рекомендуемые сайты

- ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки» (http://e.lanbook.com);
- БД полных текстов национальных стандартов (ГОСТ, СНиП, РД, РДС и др.) «Техэксперт» (http://www.kodeks.ru);
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru);

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн (www.biblioclub.ru);
- ЭБС «ZNANIUM.COM» (www.znanium.com);
- ЭБС «ЮРАЙТ» (www.biblio-online.ru);
- Реферативная наукометрическая электронная база данных «Scopus» (http://www/scopus.com);
- База данных «Knovel» (http://www.knovel.com)

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета *(*http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog*)*.

4.2.3 Электронные образовательные ресурсы

Электронный образовательный ресурс по данному курсу находится в разработке:

4.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

«Техэксперт» — справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию: тех-эксперт.рф

5. Материально-техническое обеспечение

Специализированные аудитории кафедры «ОМДиАТ» (ав2509, ав2508) и межкафедральная лаборатория «САПР-ТП» (ав2514) оснащены компьютерным и проекционным оборудованием, современным специализированным программным обеспечением. Лаборатории кафедры «ОМДиАТ» (А-ОМД, ав2102) оснащены штамповочным, заготовительным и испытательным оборудованием, лабораторной и экспериментальной оснасткой, контрольно-измерительными приборами, стендами и наглядными пособиями. Их применение позволяет вести полноценный учебный процесс, проводить практические занятия, а также заниматься с участием студентов исследованиями технологических свойств (штампуемость, сопротивление деформации) металлов, исследованием методов обработки давлением, опытно-конструкторскими работами, прививая обучающимся навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности и профессиональной деятельности. Данные о программном обеспечении, лабораторном оборудовании представлены в справке МТО.

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НАГРЕВЕ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия и занятия с использованием средств связи: лекции, практические работы, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к лабораторным работам.

Образовательные технологии

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) (см. п.4.2.3).

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.

6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Мосполитеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

6.1.6. В начале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации.

6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.9. При подготовке **к семинарскому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.

6.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMS Мосполитеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствие с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

В четвертом семестре:

- подготовка к семинарским занятиям, выполнение самостоятельных заданий и их защита; тест; экзамен.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Необходимым условием прохождения промежуточной аттестации является выполнение всех видов работ, предусмотренных данной рабочей программой по дисциплине «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НАГРЕВЕ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ». На дату проведения промежуточной аттестации студенты должны выполнить все виды учебной работы,

предусмотренные рабочей программой по дисциплине «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НАГРЕВЕ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ», а именно выполнить расчетно-графические лабораторные работы - 16 работ, выполнить 1 контрольную работу. Если не выполнены необходимые условия, студенты получают неудовлетворительно или не допускается до промежуточной аттестации.

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы: *расчетно-графические самостоятельные работы, контрольная работа, тесты.*

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится на 1 семестре обучения в форме экзамена.

Экзамен проводится по билетам, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня.

Регламент проведения экзамена:

1. В билет включается (4) вопроса из разных разделов дисциплины и (одно, два) практических задания

2. Перечень вопросов соответствует темам, изученным на лекционных и лабораторных занятиях (прилагается).

3. Время на подготовку письменных ответов - до 40 мин, устное собеседование - до 10 минут.

4. Проведение аттестации (экзамена) с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий выполняется в соответствии с утверждённым в университете "Порядком проведения промежуточной аттестации с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий"

Форма, предусмотренная учебным планом - экзамен. Промежуточная аттестация проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачётно-экзаменационной сессии. До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все практические работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице:

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Самостоятельная работа.	Оформленный отчет о работе, предусмотренной рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы.

Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку по итогам промежуточной аттестации.

7.3.3. Вопросы для подготовки к экзамену

1. В следствии чего возникают напряжения в поверхностном слое при пламенном нагреве.
2. Температурный интервал ковки и штамповки.
3. Явления, происходящие в металле при нагреве.
4. Охлаждение поковок.
5. Расчет продолжительности нагрева заготовок.
6. Классификация способов нагрева.
7. Физические основы индукционного нагрева.
8. Устройство индукционной установки.
9. Виды индукторов.
10. Режимы нагрева.

11. Электроконтактный нагрев.
12. КПД установки электроконтактного нагрева.
13. Нагрев металла в электрических печах сопротивления.
14. Материал и форма нагревательных элементов печей сопротивления.
15. Нагрев заготовок в соляных ваннах.
16. Нагрев заготовок в электролите.
17. Топливо для пламенных печей. Теплота сгорания топлива.
18. Сущность процесса горения.
19. Устройство для сжигания газа.
20. Отвод дымовых газов. Рекуператоры и регенераторы. Рекуператоры и регенераторы.
21. Устройство газовой камерной печи.
22. Устройство газовой методической печи.
23. Теплопередача в печах.
24. Конвекция.
25. Излучение.
26. Теплопроводность.
27. Тепловой баланс пламенной печи.
28. Футеровка печей.
29. Обслуживание и ремонт печей.
30. Основное уравнение кинетической теории газов.
31. Гипотеза Больцмана о распределении средней энергии по степеням свободы.
32. Уравнение состояния идеального газа. Явления на границах Ван-дер-Ваальса
33. Термодинамическое равновесие по Максвеллу
34. Закон Больцмана
35. Переход из неравновесного состояния в равновесное. Формула Больцмана.
36. Термодинамический потенциал. Внутренняя энергии
37. Термодинамический потенциал. Внешняя энергия (свободная).
38. Свободные электроны металле
39. Теплоемкость твердых тел
40. Колебательная энергия кристаллической решетки
41. Изотермы Ван-дер-Ваальса
42. Метастабильные состояния вещества
43. Фазовые переходы. Метастабильные состояния
44. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса
45. Диаграмма состояний в трех областях
46. Первый закон термодинамики
47. Второй закон термодинамики
48. Работа в макросистеме. Изохарический и изобарический процесс.
49. Изотермический и адиобатический процессы.
50. Камера Вильсона. Траектория заряженных частиц
51. Строение кристаллов. Симметрия
52. Кристаллизация металлов. Фазовые превращения
53. Внутреннее трение молекул с точки зрения механики
54. Внутреннее трение (вязкость) с точки зрения молекулярно-кинетической теории
55. Коэффициент переноса, его анализ.