

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
Физико-технический институт



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ФТИ

 О.Ю. Долматов

«09» 02 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ФИЗИКА ПЛАЗМЫ»**  
**НА УЧЕБНЫЙ ГОД**

Направление ООП 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»

Профиль подготовки (специализация) Физика кинетических явлений

Квалификация (степень) академический бакалавр

Базовый учебный план приема 2016 г.

Курс III семестр 6

Количество кредитов 6

Код дисциплины Б1.ВМ4.12

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	32
Лабораторные занятия, ч	32
Аудиторные занятия, ч	80
Самостоятельная работа, ч	136
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации экзамен

Обеспечивающее подразделение кафедра «Техническая физика»

Заведующий кафедрой  И.В. Шаманин

Руководитель ООП  О.Ю. Долматов

Доцент  А.Г. Каренгин

2016 г.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями дисциплины «Физика плазмы» являются:

- формирование профессиональных компетенций у студентов в области ядерных физики и технологий;
- развитие готовности студента к научно-исследовательской и творческой инновационной деятельности в области ядерных физики и технологий.

Они направлены на достижение целей ООП ТПУ по направлению 14.03.02 «Ядерные физика и технологии», согласованными с требованиями ФГОС и заинтересованных работодателей:

Ц1. Подготовка выпускника к научно-исследовательской и творческой инновационной деятельности в области ядерных физики и технологий, интегрированию новых идей, применению математических, физических и специальных знаний и умений к своим исследовательским задачам.

Ц2. Подготовка выпускника к производственно-технологической деятельности в междисциплинарных областях, связанных с физическими основами и технологиями в ядерном топливном цикле.

Ц3. Подготовка выпускника к поиску и получению новой информации, необходимых для решения инженерных задач в области ядерных физики и технологий, интеграции знаний применительно к своей области деятельности, к осознанию ответственности за принятие своих профессиональных решений.

Ц4. Подготовка выпускника к умению обосновывать и отстаивать собственные заключения и выводы в аудиториях разной степени профессиональной подготовленности, к организационно-управленческой деятельности на предприятиях и в организациях атомной отрасли.

Ц5. Подготовка выпускника к самообучению и постоянному профессиональному самосовершенствованию в условиях автономии и самоуправления.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Физика плазмы» относится к вариативной части подготовки бакалавров по направлению 14.03.02 «Ядерные физика и технологии». Дисциплине «Физика плазмы» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- Б1.Б8 – математика;
- Б1.Б10 – химия 1,2;
- Б1.Б11 – физика;
- Б1.Б16 – электротехника 1.3.

Содержание разделов дисциплины «Физика плазмы» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- Б1.В5 – термодинамика и теплопередача;
- Б1.В7 – квантовые законы атомной физики;
- Б1.В8 – введение в ядерную физику;

- Б1.В9 – уравнения математической физики.

### 3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины «Физика плазмы» направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС.

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1 (ОК-1, 6, 10)	3.1.1	основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации	У.1.1	самообучаться, повышать свою квалификацию и мастерство	В1.1	обобщения, анализа, восприятия информации, постановки цели и выбора путей ее достижения
					В1.2	работы с компьютером как средством управления информацией
Р3 (ОК-3)					В.3.1	кооперации с коллегами, работы в коллективе
Р7 (ПК-1)	3.7.1	основных законов естественнонаучных дисциплин	У.7.1	использовать основные законы естественнонаучных дисциплин при определении оптимальных условий тонкой очистки и разделения веществ	В.7.1	математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
Р12 (ПК-5, 9)	3.12.1	методов математического моделирования массообменных процессов	У.12.1	использовать информационные технологии при разработке и моделировании процессов разделения и тонкой очистки веществ	В.12.1	сбора и анализа информационных исходных данных для создания физических и математических моделей установок
Р13 (ПК-1, 4)			У.13.1	применять методы физического и математического моделирования в профессиональной деятельности	В.13.1	использования научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, современных компьютерных технологий в области разделения и тонкой очистки веществ.

В результате освоения дисциплины «Физика плазмы» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

#### Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	Знать элементарные процессы в газоразрядной плазме, электрические разряды в газах, методы диагностики плазмы, генераторы газоразрядной плазмы, плазмохимические процессы
РД2	Применять процессы сохранения (закалки) целевых продуктов плазмохимических процессов, разделения и обезвреживания продуктов плазмохимических процессов, переработки газообразного, жидкого и твердого сырья в плазме
РД3	Демонстрировать навыки использования компьютерных технологий при проектировании плазменного оборудования

РД4	Использовать методы физического и математического моделирования для проведения научных исследований в области плазменных процессов и технологий, их планирования и анализа результатов
-----	--

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Содержание модулей дисциплины

#### **Модуль 1. ГАЗОРАЗРЯДНАЯ ПЛАЗМА**

**Лекция (1 час):** Элементарные процессы в газоразрядной плазме. Плазменное состояние вещества. Упругие и неупругие взаимодействия частиц в плазме. Рекомбинационные процессы в плазме. Равновесие ионизации. Поверхностные процессы в плазме. Особенности движения заряженных частиц в плазме при наличии электрического и магнитного полей. Явления переноса в плазме

**Лекция (1 час):** Электрические разряды в газах. Самостоятельные и несамостоятельные формы электрических разрядов. Тлеющий разряд постоянного тока. Электродуговой разряд. Высокочастотные разряды Н-типа и Е-типа. Сверхвысокочастотные разряды. Барьерный разряд.

**Лабораторная работа (4 часа):** Высокочастотный факельный разряд.

**Лекция (2 часа):** Генераторы газоразрядной плазмы. Электродуговые плазмотроны. Высокочастотные индукционные плазмотроны. Высокочастотные емкостные плазмотроны. Высокочастотные факельные плазмотроны. Сверхвысокочастотные плазмотроны.

**Лабораторная работа (4 часа):** Определение КПД высокочастотного факельного плазмотрона.

#### **Модуль 2. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЫ**

**Лекция (4 часа):** Тепловые и газодинамические методы диагностики плазмы. Измерение температуры плазмы. Измерение скорости течения плазмы. Измерение тепловых потоков.

**Лабораторная работа (4 часа):** Измерение температуры плазменной струи по её энтальпии.

**Лабораторная работа (4 часа):** Измерение скорости истечения плазменной струи.

**Лабораторная работа (4 часа):** Измерение тепловых потоков плазменной струи.

#### **Модуль 3. ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

**Лекция (1 час):** Классификация плазмохимических процессов. Основные стадии плазмохимических процессов. Плазмообразующие газы. Сырье.

**Лекция (1 час):** Сохранение (закалка) целевых продуктов

**плазмохимических процессов.** Закалка газовой фазой. Закалка жидкой фазой. Закалка твердой фазой. Газодинамическая закалка.

**Лабораторная работа (6 часов):** Определение эффективности работы центробежно-барботажного аппарата в составе плазменного стенда для закалки целевых продуктов плазмохимических процессов.

**Лекция (2 часа):** **Разделение и обезвреживание продуктов плазмохимических процессов.** Разделение системы «газ–газ». Разделение системы «газ–твердое вещество». Мероприятия по защите окружающей среды.

**Лабораторная работа (6 часов):** Определение эффективности работы центробежно-барботажного аппарата в составе плазменного стенда для отделения целевых продуктов плазмохимических процессов.

#### **Модуль 4. ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Лекция (1 час):** Переработка газообразного сырья.

**Лабораторная работа (8 часов):** Плазмохимический синтез оксида азота в воздушной плазме ВЧФ-разряда.

**Лекция (1 час):** Переработка жидкого сырья.

**Лабораторная работа (8 часов):** Плазмохимическая переработка диспергированных водно-солевых растворов тугоплавких металлов в воздушной плазме.

**Лекция (1 час):** Переработка твердого сырья.

**Лабораторная работа (8 часов):** Плазмохимическое вскрытие рудных концентратов в воздушной плазме.

**Лекция (1 час):** Переработка промышленных отходов.

**Лабораторная работа (8 часов):** Плазменная обработка нефтяных отходов в воздушной плазме.

#### **4.2. Структура дисциплины по разделам и видам учебной деятельности (лекция, лабораторная работа) с указанием временного ресурса в часах**

Таблица 3

##### **Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения**

Название раздела/темы	Аудиторная работа, час		СРС, час	Итого
	лекции	лаборат. работы		
Газоразрядная плазма	4	8	16	28
Методы диагностики газоразрядной плазмы	4	12	24	40
Плазмохимические процессы	4	12	28	44
Плазмохимические технологии	4	32	68	104
<b>Итого</b>	<b>16</b>	<b>64</b>	<b>136</b>	<b>216</b>

### 4.3. Распределение компетенций по разделам дисциплины

Формируемые в ходе изучения дисциплины «Физика плазмы» результаты обучения находятся в соответствии с результатами основной образовательной программы по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии» и требованиями ФГОС ВПО.

Таблица 4

#### Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины			
		1	2	3	4
1.	3.1.1	+	+	+	+
2.	3.7.1	+	+	+	+
3.	3.12.1	+	+	+	+
4.	У.1.1	+	+	+	+
5.	У.7.1	+	+	+	+
6.	У.12.1	+	+	+	+
7.	У. 13.1			+	+
8.	В.1.1	+	+	+	+
9.	В.1.2	+	+	+	+
10.	В.3.1	+			
11.	В.7.1	+	+	+	+
12.	В.12.1	+	+	+	+
13.	В.13.1	+	+	+	+

### 5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Физика плазмы» используются следующие образовательные технологии:

Таблица 5

#### Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО	лекции	лабораторные работы	СРС
Методы			
Работа в команде		+	
<i>Case-study</i>	+		+
Методы проблемного обучения	+	+	+
Опережающая самостоятельная работа	+	+	+
Исследовательский метод		+	+

### 6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### 6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

**Текущая самостоятельная работа** направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий;
- опережающую самостоятельную работу;
- перевод текстов с иностранных языков;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к лабораторным работам;
- подготовку экзамену.

**Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа** ориентирована на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов и включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентацию информации;
- выполнение расчетно-графических работ;
- исследовательскую работу и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов.

## **6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине.**

Самостоятельная работа включает подготовку к лабораторным занятиям, и изучение отдельных тем, отнесенных к самостоятельному освоению студентами с использованием литературных источников, представленных в учебной программе дисциплины. В число часов для самостоятельной работы включено необходимое время для подготовки к текущему контролю, проводимому в течение семестра.

### **Темы рефератов для самостоятельной подготовки:**

1. Коэффициенты переноса равновесной плазмы.
2. Двухтемпературная модель плазмы.
3. Самогенерирующие разряды.
4. Электродуговые водородные плазмотроны.
5. Высокочастотные индукционные плазмотроны, методы расчета и основные параметры.
6. Безэлектродные высокочастотные емкостные плазмотроны при средних давлениях.

7. Высокочастотные факельные плазмотроны, методы расчета и основные параметры.
8. Сверхвысокочастотные плазмотроны, методы расчета и основные параметры.
9. Безэлектродные высокочастотные разряды при высоких давлениях.
10. Плазменные центрифуги.
11. Определение параметров плазмы измерением относительных интенсивностей.
12. Диагностика плазмы по контурам спектральных линий.
13. Измерение температуры плазмы по молекулярным спектрам.
14. Расчёт процесса плазмохимической переработки газообразного сырья. Оценка удельных энергозатрат на единицу целевого продукта. Выбор оптимальных режимов проведения процесса для получения целевого продукта.
15. Расчёт процесса плазмохимической переработки жидкого сырья. Оценка удельных энергозатрат на единицу целевого продукта. Выбор оптимальных режимов проведения процесса для получения целевого продукта.
16. Расчёт процесса плазмохимического вскрытия рудных концентратов. Оценка удельных энергозатрат на единицу целевого продукта. Выбор оптимальных режимов проведения процесса для получения целевого продукта.
17. Расчёт процесса плазмохимической переработки отходов производства. Оценка удельных энергозатрат на процесс. Выбор оптимальных режимов проведения процесса .

#### **Темы для углубленного самостоятельного изучения:**

1. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.
2. Математическая обработка и представление результатов измерений.
3. Математическое моделирование плазмохимических установок.
4. Плазменная центрифуга - плазмохимический реактор нового типа.
5. Плазменная обработка поверхности.

### **6.3. Контроль самостоятельной работы**

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей. Баллы за СРС проставляются в соответствии с календарным рейтинг-планом учебной дисциплины.

### **6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Для дополнительного самостоятельного изучения дисциплины могут быть использованы следующие электронные ресурсы:



1. Каренгин А.Г. Плазменная техника и технологии. Электронный учебный курс. <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=809/>.
2. Каренгин А.Г. Физика и техника низкотемпературной плазмы. Учебно-методический комплекс дисциплины. [http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FTNP\\_iep1/index.html/](http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FTNP_iep1/index.html/).
3. Каренгин А.Г. Физика и химия газоразрядной плазмы. Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning. [http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FHGP\\_iep\\_2/index.html/](http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FHGP_iep_2/index.html/).
4. Плазменные процессы и технологии. Часть 1: Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning. [http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPT\\_iep2/index.html](http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPT_iep2/index.html)).
5. Ресурсы НТБ ТПУ: <http://www.lib.tpu.ru>.

### **7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины**

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих мероприятий:

Таблица 6

Мероприятия	Рейтинговые баллы
Выполнение и защита лабораторных работ	20
Тестирование	20
Выполнение и защита рефератов по тематике исследований во время проведения конференц-недели или участие студентов в научной дискуссии	20
Сдача экзамена	40

Оценка качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий проводится с использованием фонда оценочных средств (ФОС). Примеры ФОС см. в Приложении 1.

### **8. Рейтинг качества освоения дисциплины**

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);

- промежуточная аттестация (экзамен) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература:

1. Каренгин А.Г. Физика и химия газоразрядной плазмы // Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2010. –150с.
2. Каренгин А.Г. Физика и техника газоразрядной плазмы // Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2008. –128 с.
3. Каренгин А.Г. Плазменные процессы и технологии. // Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2008. –140 с.
4. Туманов Ю. Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. – М.: «Физматлит», 2003. – 759 с.
5. Пархоменко В. Д., Цыбулев П. Н., Краснокутский Ю. И. Технология плазмохимических производств. – Киев: «Выща школа», 1991. – 253с.
6. Крапивина С. А. Плазмохимические технологические процессы – Л.: «Химия», 1981. – 248с.
7. Сабуров В. П., Черепанов А. И., Жуков М. Ф. Плазмохимический синтез ультрадисперсных порошков и их применение. – Новосибирск: «Наука», т.12, 1995. – 339с.
8. Давыдов В. И., Гамрекели М. Н., Добрыгин Л. Г. Термические процессы и аппараты для получения окислов редких и радиоактивных металлов. – М.: «Атомиздат», 1977. – 270с.
9. Рыкалин Н.Н. Плазменные процессы в металлургии и технологии неорганических материалов – М.: «Наука», 1973. – 243с.
10. Красовская Л.И., Моссэ А.Л. Плазмохимические процессы в трехструйных электродуговых реакторах. – Минск: АНК «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова» НАН Беларуси, 2000. – 196с.
11. Артамонов А. Г., Володин В.М., Авдеев В.Г. Математическое моделирование и оптимизация плазмохимических процессов.– М.: Химия, 1989. – 224с.
12. Словецкий Д. И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме.-М.: «Наука», 1980.- 310с
13. Иванов А.А., Соболева Т.К. Неравновесная плазмохимия. – М.: Атомиздат, 1978. – 204с.
14. Полак Л. С., Овсянников А. А., Словецкий Д. И., Вурзель Ф. Б. Теоретическая и прикладная плазмохимия. – М.: «Наука», 1975. – 303с.

### **Дополнительная литература:**

1. Кондрашов А.П., Шестопапов Е.В. Основы физического эксперимента и математическая обработка результатов измерений. – М.: Атомиздат, 1977. – 195с.
2. Ясельский В.К., Кузнецов А.И., Дядик В.Ф. Обработка результатов измерений. // Учебное пособие. – Томск: ТПИ, 1977–95с.
3. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 277с.

### **Используемое программное обеспечение:**

1. Программное обеспечение ANSYS Fluent Research 6.0
2. Программный комплекс для термодинамических расчетов «TERRA».

### **Internet–ресурсы:**

1. Каренгин А.Г. Плазменная техника и технологии. Электронный учебный курс. <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=809/>.
2. Каренгин А.Г. Физика и техника низкотемпературной плазмы. Учебно-методический комплекс дисциплины. [http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FTNP\\_iep1/index.html/](http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FTNP_iep1/index.html/).
3. Каренгин А.Г. Физика и химия газоразрядной плазмы. Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning. [http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FHGP\\_iep\\_2/index.html/](http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FHGP_iep_2/index.html/).
1. Плазменные процессы и технологии. Часть 1: Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning. [http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPT\\_iep2/index.html](http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPT_iep2/index.html)).
2. Каренгин А.Г. Плазменные процессы и технологии. Часть 2: Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning. [http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPIT\\_iep2/index.html/](http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPIT_iep2/index.html/).
3. Каренгин А.Г. Плазменная техника и технологии получения и применения нанопорошков: Комплект учебно-методических материалов в среде электронного обучения. ([http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PTN\\_iep1/index.html](http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PTN_iep1/index.html)).

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения лабораторных работ по учебной дисциплине «Физика плазмы» имеются стационарные и передвижные плазменные стенды, оснащенные приборами для контроля режимов работы ВЧФ-плазмотрона, параметров генерируемых им воздушных плазменных струй и протекающих в них плазмохимических процессов.

Таблица 7

№ п/п	Наименование (учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Лекционные аудитории	гл. корпус ауд. 204
2	Учебно-научная лаборатория «Плазменная техника и технологии»: <ul style="list-style-type: none"> <li>- лабораторный плазменный стенд «ВЧФ-плазмотрон на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13» (рабочая частота <math>f_p = 13,56</math> МГц, колебательная мощность <math>P_{кол} = 60</math> кВт);</li> <li>- лабораторный плазменный стенд «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13-01» (рабочая частота <math>f_p = 13,56</math> МГц, колебательная мощность <math>P_{кол} = 60</math> кВт);</li> <li>- переносной инфракрасный пирометр M90L;</li> <li>- высокоточный инфракрасный пирометр IPE 140/45;</li> <li>- газоанализатор KM9106 «Quintox»</li> </ul>	10 уч. корпус лаб. 001А
3	Передвижная лаборатория «Передвижной плазменный модуль на базе ВЧФ-плазмотрона» (рабочая частота $f_p = 13,56$ МГц, колебательная мощность $P_{кол} = 60$ кВт)	Во дворе 10 уч. корпуса

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС и ООП по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии» и профилю подготовки «Физика кинетических явлений»

Программа одобрена на заседании кафедры ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ФТИ ТПУ (протокол № 21 от «27» 01 2016 г.).

Доцент кафедры ТФ ФТИ  А.Г. Каренгин

Рецензент  Ю.Ю. Луценко

**Фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине «Физика плазмы»**  
**(примеры)**

**I Вопросы для тестирования**

**Модуль 1. ГАЗОРАЗРЯДНАЯ ПЛАЗМА**

**Элементарные процессы в газоразрядной плазме**

- 1. Каким должен быть газ в плазменном состоянии?**
  - а) возбужденным
  - б) раскаленным
  - в) диссоциированным
  - г) ионизованным
- 2. Агрегатное состояние вещества на солнце**
  - а) перегретая жидкость
  - б) возбужденный газ
  - в) раскаленный пар
  - г) плазма
- 3. Уточните агрегатное состояние вещества на солнце**
  - а) возбужденный газ:
  - б) раскаленный пар:
  - в) низкотемпературная плазма;
  - г) высокотемпературная плазма
- 4. Степень ионизации низкотемпературной плазмы**
  - а)  $\approx 100\%$
  - б)  $\leq 90\%$
  - в)  $\geq 20\%$
  - г)  $\approx 0,1\%$
- 5. Степень ионизации высокотемпературной плазмы?**
  - а)  $\approx 100\%$
  - б)  $\leq 90\%$
  - в)  $\geq 20\%$
  - г)  $\approx 0,1\%$
- 6. Вещество находится в плазменном состоянии при работе**
  - а) электрохимической ванны
  - б) ускорителя электронов
  - в) ртутной электрической лампы
  - г) металлического проводника электрического тока
- 7. Назовите плазменное состояние вещества в электрической дуге**
  - а) возбужденный газ
  - б) раскаленный пар
  - в) высокотемпературная плазма
  - г) низкотемпературная плазма
- 8. Назовите плазменное состояние вещества в высокочастотном индукционном (ВЧИ) разряде**
  - а) возбужденный газ
  - б) раскаленный пар
  - в) высокотемпературная плазма
  - г) низкотемпературная плазма
- 9. Назовите плазменное состояние вещества в высокочастотном емкостном (ВЧЕ) разряде**
  - а) возбужденный газ
  - б) раскаленный пар
  - в) высокотемпературная плазма
  - г) низкотемпературная плазма
- 10. Назовите плазменное состояние вещества в высокочастотном факельном (ВЧФ) разряде**
  - а) возбужденный газ
  - б) раскаленный пар
  - в) высокотемпературная плазма
  - г) низкотемпературная плазма

11. Назовите плазменное состояние вещества в сверхвысокочастотном (СВЧ) разряде
- возбужденный газ
  - раскаленный пар
  - высокотемпературная плазма
  - низкотемпературная плазма
12. Расстояние от заряженной частицы, на котором напряженность электрического поля уменьшается в  $e$  раз?
- ближний радиус экранирования
  - дальний радиус экранирования
  - дебаевский радиус экранирования  $\Gamma_D$
  - ларморовский радиус
13. При каких размерах плазмы выполняется условие квазинейтральности?
- $L \leq \Gamma_D$
  - $L \approx \Gamma_D$
  - $L \geq \Gamma_D$
  - $L \gg \Gamma_D$
14. Что меняется у частиц при их упругом столкновении?
- внутренняя энергия
  - потенциальная энергия
  - кинетическая энергия
  - ядерная энергия
15. Меняется ли скорость и направление движения частиц при их упругом столкновении?
- нет
  - увеличивается
  - уменьшается
  - да
16. Меняется ли суммарное количество движения у заряженных частиц при их кулоновском взаимодействии?
- да
  - увеличивается
  - уменьшается
  - нет
17. Меняется ли суммарная кинетическая энергия у заряженных частиц при их кулоновском взаимодействии?
- нет
  - увеличивается
  - уменьшается
  - да
18. Какой угол рассеяния заряженной частицы при дальнем кулоновском взаимодействии?
- $0^\circ$
  - $30^\circ$
  - $45^\circ$
  - $90^\circ$
19. Какой угол рассеяния заряженной частицы при ближнем кулоновском взаимодействии?
- $0^\circ$
  - $30^\circ$
  - $45^\circ$
  - $90^\circ$
20. При каком типе кулоновского взаимодействия угол рассеяния заряженной частицы равен  $0^\circ$ ?
- слабое
  - ближнее
  - среднее
  - дальнее
21. При каком типе кулоновского взаимодействия угол рассеяния заряженной частицы равен  $90^\circ$ ?
- слабое
  - ближнее
  - среднее
  - дальнее
22. Что меняется у частиц при их неупругом столкновении?
- кинетическая энергия;

- б) потенциальная энергия;
  - в) внутренняя энергия;
  - г) ядерная энергия.
- 23. Что происходит с внутренней энергией частиц при их неупругом взаимодействии первого рода?**
- а) не меняется;
  - б) снижается;
  - в) увеличивается;
  - г) излучается.
- 24. К каким неупругим взаимодействиям относятся процессы возбуждения частиц?**
- а) кулоновским
  - б) первого рода
  - в) второго рода
  - г) ядерным
- 25. К каким неупругим взаимодействиям относятся процессы диссоциации частиц?**
- а) первого рода
  - б) второго рода
  - в) кулоновским
  - г) ядерным
- 26. К каким неупругим взаимодействиям относятся процессы ионизации частиц?**
- а) кулоновским
  - б) первого рода
  - в) второго рода
  - г) ядерным
- 27. Как меняется внутренняя энергия частиц при их неупругом взаимодействии второго рода?**
- а) не меняется
  - б) снижается
  - в) увеличивается
  - г) поглощается
- 28. К какому роду неупругих взаимодействий относятся процессы рекомбинации частиц?**
- а) кулоновским
  - б) первого рода
  - в) второго рода
  - г) ядерным
- 29. К какому роду неупругих взаимодействий относятся процессы стабилизации частиц?**
- а) первого рода
  - б) второго рода
  - в) кулоновским
  - г) ядерным
- 30. Что характеризует сила «зеркального отображения»  $F_{30}$ ?**
- а) силу притяжения электрона со стороны двойного электрического слоя
  - б) силу отталкивания электрона со стороны двойного электрического слоя
  - в) силу притяжения электрона к условной проводящей поверхности металла
  - г) силу отталкивания электрона от условной проводящей поверхности металла
- 31. Что характеризует сила  $F_{ст}$ ?**
- а) силу притяжения электрона со стороны двойного электрического слоя
  - б) силу отталкивания электрона со стороны двойного электрического слоя
  - в) силу притяжения электрона к условной проводящей поверхности металла
  - г) силу отталкивания электрона от условной проводящей поверхности металла
- 32. Необходимое условие для освобождения быстрых электронов с поверхности металла при  $T=0$  К?**
- а)  $W_k < W_0$
  - б)  $W_k > W_0$
  - в)  $W_k < W_e$
  - г)  $W_k > W_e$
- 33. Кинетическая энергия, необходимая электрону для ухода с поверхности металла?**
- а)  $W_k < W_e$
  - б)  $W_k > W_e$
  - в)  $W_k < W_0$
  - г)  $W_k > W_0$
- 34. Основной фактор, влияющий на термоэлектронную эмиссию электронов с поверхности металла**
- а) температура металла

- б) внешнее электрическое поле
- в) электромагнитное излучение
- г) поток заряженных частиц

**35. Основной фактор, влияющий на автоэлектронную эмиссию электронов с поверхности металла**

- а) температура металла
- б) внешнее электрическое поле
- в) электромагнитное излучение
- г) поток заряженных частиц

### Электрические разряды в газах

**1. Необходимое условие для поддержания самостоятельного электрического разряда?**

- а) разрядный промежуток
- б) внешняя электрическая цепь
- в) источник питания
- г) непрерывное пополнение заряженных частиц в разрядном промежутке

**2. К какому типу относится электрический разряд в лампах дневного света?**

- а) коронный
- б) искровой
- в) самостоятельный
- г) несамостоятельный

**3. К какому типу относится электрический разряд в тлеющем разряде с внешним ионизатором?**

- а) импульсный
- б) искровой
- в) самостоятельный
- г) несамостоятельный

**5. Какова роль положительного столба в тлеющем разряде?**

- а) важная
- б) для образования электронных лавин
- в) для торможения электронных лавин
- г) незначительная

**6. Какой гамма- процесс является важнейшим для тлеющего разряда?**

- а) вторичная электронная эмиссия с катода под действием ударов положительных ионов
- б) вторичная ионная эмиссия с катода под действием ударов положительных ионов
- в) вторичная электронная эмиссия с катода под действием потока электронов
- г) вторичная ионная эмиссия с катода под действием потока электронов

**7. Что является характерным внешним признаком нормального тлеющего разряда?**

- а) отсутствие катодного пятна на поверхности катода
- б) катодное пятно не превышает размеров поверхности катода
- в) катодное пятно превышает размеры поверхности катода
- г) наличие яркого свечения на поверхности катода

**8. Что является характерным внешним признаком аномального тлеющего разряда?**

- а) отсутствие катодного пятна на поверхности катода
- б) катодное пятно не превышает размеров поверхности катода
- в) катодное пятно превышает размеры поверхности катода
- г) наличие яркого свечения на поверхности катода

**9. При каких плотностях тока существует нормальный тлеющий разряд?**

- а) более  $100 \text{ A/m}^2$
- б) более  $50 \text{ A/m}^2$
- в) более  $10 \text{ A/m}^2$
- г) менее  $10 \text{ A/m}^2$

**10. При каких плотностях тока существует аномальный тлеющий разряд?**

- а) менее  $1 \text{ A/m}^2$
- б) менее  $5 \text{ A/m}^2$
- в) менее  $10 \text{ A/m}^2$
- г) более  $10 \text{ A/m}^2$

**11. Что характеризует точка G на обобщенной ВАХ электрических разрядов?**

- а) отсутствие ТЭЭ электронов на катоде
- б) ТЭЭ электронов на катоде равна сумме (ФЭЭ + ВЭЭ)
- в) ТЭЭ много меньше суммы (ФЭЭ + ВЭЭ)
- г) ТЭЭ много больше суммы (ФЭЭ + ВЭЭ)

**12. В какой точке на обобщенной ВАХ ТЭЭ электронов на катоде равна сумме (ФЭЭ + ВЭЭ)?**

- а) E



- б) F  
в) G  
г) H.
- 13. Какому типу разряда соответствует участок EF на обобщенной ВАХ?**  
а) электродуговой  
б) аномальный тлеющий  
в) нормальный тлеющий  
г) коронный
- 14. Какому типу разряда соответствует участок FG на обобщенной ВАХ?**  
а) электродуговой  
б) аномальный тлеющий  
в) нормальный тлеющий  
г) коронный
- 15. Какому типу разряда соответствует участок HL на обобщенной ВАХ?**  
а) электродуговой  
б) аномальный тлеющий  
в) нормальный тлеющий  
г) коронный
- 16. В какой точке на обобщенной ВАХ ТЭЭ много больше суммы (ФЭЭ + ВЭЭ)?**  
а) F  
б) G  
в) H  
г) L
- 17. Основное отличие электродугового разряда с термоэлектронной эмиссией от тлеющего разряда?**  
а)  $U_{кп}(ЭДТ) \ll U_{кп}(ТР)$   
б)  $U_{кп}(ЭДТ) < U_{кп}(ТР)$   
в)  $U_{кп}(ЭДТ) \approx U_{кп}(ТР)$   
г)  $U_{кп}(ЭДТ) > U_{кп}(ТР)$
- 18. Тип электрического разряда в работающем ртутном выпрямителе?**  
а) электрическая дуга с термоэлектронной эмиссией  
б) электрическая дуга с электростатической эмиссией  
в) несамостоятельная термическая дуга  
г) самостоятельная термическая дуга
- 19. В какой плазме  $T_e = T_i = T_0$  ?**  
а) низкотемпературной  
б) высокотемпературной  
в) изотермической  
г) неизотермической.
- 20. В какой плазме  $T_e \neq T_i \neq T_0$  ?**  
а) низкотемпературной  
б) высокотемпературной  
в) изотермической  
г) неизотермической
- 21. В какой плазме газокинетическая и электронная температура совпадают?**  
а) неизотермической;  
б) изотермической  
в) низкотемпературной  
г) высокотемпературной
- 22. В какой плазме газокинетическая и электронная температура не совпадают?**  
а) низкотемпературной  
б) высокотемпературной  
в) изотермической  
г) неизотермической
- 23. Какой вид поля преобладает в высокочастотных разрядах E-типа?**  
а) ультразвуковое  
б) электрическое  
в) магнитное  
г) гравитационное
- 24. Какой вид поля преобладает в высокочастотных разрядах H-типа?**  
а) ультразвуковое

- б) электрическое
  - в) магнитное
  - г) гравитационное
25. Какой тип заряженных частиц совершает всю работу по ионизации плазмообразующего газа в высокочастотном электрическом разряде?
- а) возбужденные атомы (молекулы)
  - б) электроны
  - в) отрицательные ионы
  - г) положительные ионы
26. В каком типе высокочастотного разряда электроны осуществляют ионизацию плазмообразующего газа в результате колебательных движений?
- а) импульсный
  - б) искровой
  - в)  $E$ -типа
  - г)  $H$ -типа
27. В каком типе высокочастотного разряда электроны осуществляют ионизацию плазмообразующего газа в результате движения по ларморовским окружностям?
- а) импульсный
  - б) искровой
  - в)  $E$ -типа
  - г)  $H$ -типа
28. При каких значениях начальной фазы колебаний электрического поля движение электрона – простое гармоническое колебание около положения равновесия?
- а)  $\omega t_0 = 0$
  - б)  $\omega t_0 = \pi/2$
  - в)  $\omega t_0 = \pi$
  - г)  $\omega t_0 = 2\pi$
29. При каких значениях начальной фазы колебаний электрического поля движение электрона – простое гармоническое колебание около положения равновесия?
- а)  $\omega t_0 = 0$
  - б)  $\omega t_0 = \pi$
  - в)  $\omega t_0 = 3/2\pi$
  - г)  $\omega t_0 = 2\pi$
30. При каких значениях начальной фазы колебаний ( $\omega t_0$ ) скорость движения электрона наибольшая?
- а)  $\omega t_0 = \pi/4$
  - б)  $\omega t_0 = \pi/2$
  - в)  $\omega t_0 = \pi$
  - г)  $\omega t_0 = 3/2\pi$
31. При каких значениях начальной фазы колебаний ( $\omega t_0$ ) скорость движения электрона наибольшая?
- а)  $\omega t_0 = 0$
  - б)  $\omega t_0 = \pi/4$
  - в)  $\omega t_0 = \pi/2$
  - г)  $\omega t_0 = 3/2\pi$
32. Тип разряда, используемый для промышленного получения озона?
- а) коронный
  - б) электродуговой
  - в) барьерный
  - г)  $E$ -типа.

### Генераторы газоразрядной плазмы

1. К чему приводит интенсивный обдув электродугового разряда плазмообразующим газом?
- а) к падению ВАХ электрической дуги
  - б) к росту ВАХ электрической дуги
  - в) к падению электрической мощности плазмотрона
  - г) к увеличению электрической мощности плазмотрона.
2. Тепловой поток на боковые стенки электродуговых плазмотронов
- а)  $\approx 10^3$  Вт/м<sup>2</sup>
  - б)  $\approx 10^5$  Вт/м<sup>2</sup>
  - в)  $\approx 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>
  - г)  $\approx 10^9$  Вт/м<sup>2</sup>
3. Тепловой поток в области анодных и катодных пятен электродугового разряда
- а)  $\approx 10^3$  Вт/м<sup>2</sup>

- б)  $\approx 10^5$  Вт/м<sup>2</sup>
- в)  $\approx 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>
- г)  $\approx 10^9$  Вт/м<sup>2</sup>

- 4. Применение электродуговых плазмотронов с дугой, стабилизированной стенками**
- а) небольшие плазменные горелки для плавки, резки металлов, нанесения жаропрочных покрытий и сфероидизации порошков
  - б) исследование свойств газов при высоких температурах и генерирование мощного оптического излучения
  - в) электрокрекинг метана с целью промышленного получения ацетилена
  - г) нагрев газа в аэродинамических трубах
- 5. Применение электродуговых плазмотронов с вихревой стабилизацией электродугового разряда**
- а) небольшие плазменные горелки для плавки, резки металлов, нанесения жаропрочных покрытий и сфероидизации порошков
  - б) исследование свойств газов при высоких температурах и генерирование мощного оптического излучения
  - в) электрокрекинг метана с целью промышленного получения ацетилена
  - г) нагрев газа в аэродинамических трубах
- 6. Путь существенного расширения технологических возможностей электродуговых плазмотронов с вихревой стабилизацией электродугового разряда**
- а) повышение мощности
  - б) снижение мощности
  - в) замена стержневого электрода на полый цилиндрический
  - г) увеличение количества вихревых камер
- 7. Существенный недостаток электродуговых плазмотронов с самоустанавливающейся длиной и вихревой стабилизацией дуги**
- а) восходящая ВАХ электрической дуги
  - б) падающая ВАХ электрической дуги
  - в) большое количество вихревых камер
  - г) наличие торцевого стержневого электрода
- 8. Причина падающей ВАХ электрической дуги в электродуговом плазмотроне с самоустанавливающейся длиной и вихревой стабилизацией дуги**
- а) большое количество вихревых камер
  - б) наличие торцевого стержневого электрода.
  - в) процесс «шунтирования» электрической дуги
  - г) высокая мощность плазмотрона
- 9. Преимущество электродуговых плазмотронов с фиксированной длиной дуги перед плазмотронами с самоустанавливающейся длиной и вихревой стабилизацией дуги**
- а) восходящая ВАХ электрической дуги
  - б) падающая ВАХ электрической дуги
  - в) большое количество вихревых камер
  - г) наличие торцевого стержневого электрода
- 10. Единичная мощность электродуговых плазмотронов коаксиального типа**
- а) 100 кВт
  - б) 1000 кВт
  - в) 5÷7 МВт
  - г) 52 МВт
- 11. Единичная мощность электродуговых плазмотронов с вихревой стабилизацией и самоустанавливающейся длиной электрической дуги**
- а) 100 кВт
  - б) 1000 кВт
  - в) 5÷7 МВт
  - г) 52 МВт
- 12. Электродуговые плазмотроны, широко применяемые в плазмохимической технологии**
- а) небольшие плазменные горелки для плавки, резки металлов, нанесения жаропрочных покрытий и сфероидизации порошков
  - б) плазмотроны для исследования свойств газов при высоких температурах и генерирование мощного оптического излучения
  - в) электродуговые плазмотроны с вихревой стабилизацией электрической дуги
  - г) электродуговые плазмотроны коаксиального типа

**13. Тип электрического разряда, используемый в высокочастотных индукционных (ВЧИ) плазмотронах**

- а) коронный
  - б) импульсный
  - в) индукционный
  - г) емкостной
- 14. Вид поля, преобладающий в ВЧИ-разрядах**
- а) ультразвуковое
  - б) электрическое
  - в) магнитное
  - г) гравитационное
- 15. Тип ВЧ разряда, где электроны осуществляют ионизацию плазмообразующего газа в результате движения по ларморовским окружностям**
- а) коронный
  - б) импульсный
  - в) индукционный
  - г) емкостной
- 16. Диапазон частот работы ВЧИ–плазмотронов**
- а) 50÷200 Гц
  - б) 0,44÷5,28 МГц
  - в) 13,56÷81,36 МГц
  - г) 1÷100 ГГц
- 17. Частота, неразрешенная для работы ВЧИ–плазмотронов**
- а) 0,44 МГц
  - б) 1,76 МГц
  - в) 1,32 МГц
  - г) 5,28 МГц
- 18. Частота, разрешенная для работы ВЧИ–плазмотронов**
- а) 1,76 МГц
  - б) 5,68 МГц
  - в) 25,12 МГц
  - г) 40,26 МГц
- 19. Потери мощности разряда в ВЧИ–плазмотронах с кварцевой разрядной камерой?**
- а) 1÷2%
  - б) 4÷5%
  - в) 30÷50%
  - г) 50÷70%
- 20. Потери мощности разряда в ВЧИ–плазмотронах с металлической разрезной разрядной камерой?**
- а) 1÷2%
  - б) 4÷5%
  - в) 30÷50%
  - г) 50÷70%
- 21. Мощности промышленных ВЧИ–плазмотронов?**
- а) до 10 кВт
  - б) до 100 кВт
  - в) до 500 кВт.
  - г) свыше 500 кВт.
- 22. Тип электрического разряда, используемый в высокочастотные емкостных (ВЧЕ) плазмотронах?**
- а) коронный
  - б) импульсный
  - в) индукционный
  - г) емкостной
- 23. Тип ВЧ-разряда с высокой напряженностью электрического поля и низким уровнем интегрального излучения, для поддержания которого требуется небольшая электрическая мощность?**
- а) коронный
  - б) импульсный
  - в) индукционный
  - г) емкостной
- 24. Диапазон частот работы ВЧЕ–плазмотронов?**
- а) 50÷200 Гц

- б)  $0,44 \div 5,28$  МГц
  - в)  $13,56 \div 81,36$  МГц
  - г)  $1 \div 100$  ГГц
- 25. Частота, неразрешенная для работы ВЧЕ–плазмотронов?**
- а) 13,56 МГц
  - б) 25,12 МГц
  - в) 40,68 МГц
  - г) 81,36 МГц
- 26. Частота, разрешенная для работы ВЧЕ–плазмотронов**
- а) 5,68 МГц
  - б) 13,56 МГц
  - в) 25,12 МГц
  - г) 40,26 МГц
- 27. Мощности промышленных ВЧЕ–плазмотронов?**
- а) до 10 кВт
  - б) до 100 кВт
  - в) до 500 кВт.
  - г) свыше 500 кВт.
- 28. Диапазон частот работы СВЧ–плазмотронов?**
- а)  $50 \div 200$  Гц
  - б)  $0,44 \div 5,28$  МГц
  - в)  $13,56 \div 81,36$  МГц
  - г)  $1 \div 100$  ГГц
- 29. Чем характерен диапазон СВЧ частот?**
- а) амплитуда колебаний электронов много меньше размеров разрядной камеры СВЧ–плазмотрона;
  - б) амплитуда колебаний электронов сравнима с размерами разрядной камеры СВЧ– плазмотрона;
  - в) амплитуда колебаний электронов больше размеров разрядной камеры СВЧ – плазмотрона.
  - г) амплитуда колебаний электронов много больше размеров разрядной камеры СВЧ – плазмотрона.

## Модуль 2. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЫ

### Тепловые и газодинамические методы диагностики плазмы

- 1. Для измерения какого параметра плазменной струи используют, в основном, энталпийные датчики?**
- а) динамического напора
  - б) температуры
  - в) скорости
  - г) теплового потока
- 2. Важный параметр энталпийного датчика при измерении газокинетической температуры плазменной струи**
- а) миниатюрность
  - б) чувствительность
  - в) инерционность
  - г) низкая погрешность
- 3. Режим течения газа снаружи и внутри (в капилляре) энталпийного датчика**
- а) турбулентный
  - б) переходный
  - в) ламинарный
  - г) скоростной
- 4. Требование к соотношению массовых скоростей плазменной струи ( $m_{пс}$ ) и газа, проходящего через энталпийный датчик ( $m_{эд}$ )**
- а)  $m_{эд} < m_{пс}$
  - б)  $m_{эд} = m_{пс}$
  - в)  $m_{эд} > m_{пс}$
  - г)  $m_{эд} \gg m_{пс}$ .
- 5. Погрешность определения газокинетической температуры изотермической плазменной струи энталпийным датчиком?**

- а)  $\pm 50\%$
  - б)  $\pm 30\%$
  - в)  $\pm 20\%$
  - г)  $\pm 10\%$ .
- 6. Погрешность определения температуры неизотермической плазменной струи энтальпийным датчиком?**
- а)  $\pm 50\%$
  - б)  $\pm 30\%$
  - в)  $\pm 20\%$
  - г)  $\pm 10\%$ .
- 7. На измерении каких параметров основаны стационарные методы измерения тепловых потоков плазмы?**
- а) разность температур охлаждающей воды, протекающей через датчик, помещенный в плазменный поток
  - б) изменение температуры по толщине датчика
  - в) изменение температуры датчика во времени
  - г) измерение градиента давления потока
- 8. На измерении каких параметров основаны нестационарные методы измерения тепловых потоков плазмы?**
- а) разность температур охлаждающей воды, протекающей через датчик, помещенный в плазменный поток
  - б) изменение температуры по толщине датчика
  - в) изменение температуры датчика во времени
  - г) измерение градиента давления потока
- 9. Какой параметр плазменной струи может быть измерен методом треков?**
- а) давление
  - б) температура
  - в) скорость
  - г) тепловой поток
- 10. Какой параметр плазменной струи может быть измерен трубкой полного напора?**
- а) давление
  - б) температура
  - в) скорость
  - г) тепловой поток
- 11. Какой параметр плазменной струи может быть измерен по реакции поперечно обтекаемого цилиндра?**
- а) давление
  - б) температура
  - в) скорость
  - г) тепловой поток

### **Модуль 3. ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

#### **Классификация плазмохимических процессов**

- 1. К какому плазмохимическому процессу относится процесс, протекающий в изотермической плазме?**
- а) гомогенный
  - б) гетерогенный
  - в) неравновесный;
  - г) квазиравновесный
- 2. К какому плазмохимическому процессу относится процесс с газофазным сырьем?**
- а) гомогенный
  - б) с жидкофазным сырьем
  - в) с твердофазным сырьем
  - г) гетерогенный
- 3. К какому плазмохимическому процессу относится процесс с газофазным сырьем?**
- а) Ж - Т
  - б) Ж - Т.
  - в) Г - Г
  - г) Т - Г
- 4. К какому плазмохимическому процессу относится процесс фиксации атмосферного азота в воздушной плазме?**

- а) гомогенный
  - б) с жидкофазным сырьем
  - в) с твердофазным сырьем
  - г) гетерогенный
- 5. К какому плазмохимическому процессу относится процесс фиксации атмосферного азота в воздушной плазме?**
- а) Ж - Т
  - б) Ж - Т.
  - в) Г - Г
  - г) Т - Г
- 6. К какому плазмохимическому процессу относится процесс с жидкофазным сырьем?**
- а) гомогенный
  - б) с газофазным сырьем
  - в) с твердофазным сырьем
  - г) гетерогенный
- 7. К какому плазмохимическому процессу относится процесс с жидкофазным сырьем?**
- а) Г - Г;
  - б) Г - Т.
  - в) Ж - Т
  - г) Т - Т
- 8. К какому плазмохимическому процессу относится процесс получения порошков диоксида циркония из диспергированных водно-солевых растворов в воздушной плазме?**
- а) Г - Г;
  - б) Г - Т.
  - в) Ж - Т
  - г) Т - Т
- 9. К какому плазмохимическому процессу относится процесс с твердофазным сырьем?**
- а) гомогенный
  - б) с газофазным сырьем
  - в) с жидкофазным сырьем
  - г) гетерогенный
- 10. К какому плазмохимическому процессу относится процесс с твердофазным сырьем?**
- а) Г - Г;
  - б) Г - Т.
  - в) Ж - Т
  - г) Т - Т
- 11. К какому плазмохимическому процессу относится процесс получение порошков диоксида циркония разложением минерала циркона ( $ZrSiO_4$ ) в воздушной плазме?**
- а) Г - Г;
  - б) Г - Т.
  - в) Ж - Т
  - г) Т - Т
- 12. К какому плазмохимическому процессу относится процесс, протекающий в неизотермической плазме?**
- а) гомогенный
  - б) гетерогенный
  - в) неравновесный;
  - г) квазиравновесный
- 13. К какому плазмохимическому процессу относится процесс получения  $XeF_6$  в жидкой фазе в неизотермической фторидной плазме?**
- а) гомогенный
  - б) с жидкофазным сырьем
  - в) с твердофазным сырьем
  - г) гетерогенный
- 14. К какому плазмохимическому процессу относится процесс получения  $XeF_6$  в жидкой фазе в неизотермической фторидной плазме?**
- а) Г - Г;
  - б) Г - Ж.
  - в) Ж - Т
  - г) Т - Т
- 15. При каких углах атаки наблюдается наибольшая дальнобойность струи?**
- а)  $30^\circ$

- б)  $45^\circ$   
в)  $60^\circ$   
г)  $90^\circ$ .
16. При каких углах атаки наблюдается наименьшая дальность струи?  
а)  $30^\circ$   
б)  $45^\circ$   
в)  $60^\circ$   
г)  $90^\circ$ .
17. При каких углах атаки наблюдается наибольшая дальность струи?  
а)  $30^\circ$   
б)  $60^\circ$   
в)  $90^\circ$   
г)  $135^\circ$
18. При каких углах атаки наблюдается наименьшая дальность струи?  
а)  $30^\circ$   
б)  $60^\circ$   
в)  $90^\circ$   
г)  $135^\circ$
19. При каких углах атаки наблюдается наибольшая дальность струи?  
а)  $45^\circ$   
б)  $60^\circ$   
в)  $90^\circ$   
г)  $135^\circ$
20. При каких углах атаки наблюдается наименьшая дальность струи?  
а)  $45^\circ$   
б)  $60^\circ$   
в)  $90^\circ$   
г)  $135^\circ$
21. Какой процесс будет лимитировать нагрев твердой частицы в плазме при значении критерия Био выше единицы?  
а) внешний теплообмен  
б) вязкость плазмы  
в) теплопроводность частицы  
г) вязкость частицы
22. При каких значениях критерия Био лимитирующим процессом при нагреве частицы в плазме будет внешний теплообмен?  
а)  $Bi < 0,2$   
б)  $Bi < 1$   
в)  $Bi = 1$   
г)  $Bi > 1$
23. Какой процесс будет лимитировать нагрев частицы в плазме при значении критерия Био меньше 0,2?  
а) внешний теплообмен  
б) внешний массообмен  
в) теплопроводность частицы  
г) вязкость частицы
24. Какой процесс будет лимитировать нагрев частицы в плазме при значении критерия Био меньше единицы?  
а) внешний теплообмен  
б) внешний массообмен  
в) теплопроводность частицы  
г) вязкость частицы
25. При каких значениях критерия Био внутренним термическим сопротивлением частицы можно пренебречь?  
а)  $Bi < 0,2$   
б)  $Bi < 1$   
в)  $Bi = 1$   
г)  $Bi > 1$
26. Основной фактор повышения эффективности теплообмена частицы с плазмой при значении критерия Био выше единицы?



- а) уменьшение времени нагрева частицы
- б) увеличение времени нагрева частицы
- в) уменьшение размера частицы
- г) увеличение размера частицы

**27. Основной фактор повышения эффективности теплообмена частицы с плазмой при значении критерия Био менее единицы?**

- а) уменьшение времени нагрева частицы
- б) увеличение времени нагрева частицы
- в) уменьшение размера частицы
- г) увеличение размера частицы

### **Сохранение (закалка) целевых продуктов плазмохимических процессов**

**1. Назначение процесса «закалки» продуктов плазмохимических процессов?**

- а) разбавление продуктов плазмохимических процессов
- б) сохранение продуктов плазмохимических процессов
- в) обезвреживание продуктов плазмохимических процессов
- г) отделение продуктов плазмохимических процессов

**2. Скорость снижения температуры продуктов плазмохимических процессов при «закалке» газовой фазой (К/с)?**

- а)  $(10^4 - 10^5)$  К/с
- б)  $(10^5 - 10^6)$  К/с
- в)  $(10^5 - 10^7)$  К/с
- г)  $(10^6 - 10^7)$  К/с
- д)  $(10^6 - 10^8)$  К/с

**3. Определите основной недостаток применения способа «закалки» газовой фазой продуктов плазмохимических процессов?**

- а) низкая скорость «закалки»
- б) низкий выход целевых продуктов
- в) контакт целевых продуктов с охлаждающим газом
- г) разбавление целевых продуктов

**4. Скорость снижения температуры продуктов плазмохимических процессов при «закалке» жидкими дисперсными частицами (К/с)?**

- а)  $(10^4 - 10^5)$  К/с
- б)  $(10^5 - 10^6)$  К/с
- в)  $(10^5 - 10^7)$  К/с
- г)  $(10^6 - 10^7)$  К/с
- д)  $(10^6 - 10^8)$  К/с

**5. Определите основное достоинство применения способа «закалки» продуктов плазмохимических процессов жидкими дисперсными частицами?**

- а) высокая скорость «закалки»
- б) высокий выход целевых продуктов
- в) контакт целевых продуктов с охлаждающей жидкостью
- г) разбавление целевых продуктов охлаждающей жидкостью

**6. Определите основной недостаток применения способа «закалки» продуктов плазмохимических процессов жидкими дисперсными частицами?**

- а) высокая скорость «закалки»
- б) высокий выход целевых продуктов
- в) контакт целевых продуктов с охлаждающей жидкостью

**7. Скорость снижения температуры продуктов плазмохимических процессов при «закалке» продуктов плазмохимических процессов затоплением в жидкую фазу (К/с)?**

**8. Определите основное достоинство применения способа «закалки» продуктов плазмохимических процессов затоплением в жидкую фазу?**

- а) высокая скорость «закалки»
- б) высокий выход целевых продуктов
- в) контакт целевых продуктов с охлаждающей жидкостью
- в) разбавление целевых продуктов охлаждающей жидкостью

**9. Определите основной недостаток применения способа «закалки» продуктов плазмохимических процессов жидкими дисперсными частицами?**

- а) низкая скорость «закалки»
  - б) высокий выход целевых продуктов
  - в) контакт целевых продуктов с охлаждающей жидкостью
  - г) разбавление целевых продуктов охлаждающей жидкостью
- 10. Скорость снижения температуры продуктов плазмохимических процессов при «закалке» в поверхностном теплообменнике (К/с)?**
- а)  $(10^4 - 10^5)$  К/с
  - б)  $(10^5 - 10^6)$  К/с
  - в)  $(10^5 - 10^7)$  К/с
  - г)  $(10^6 - 10^7)$  К/с
  - д)  $(10^6 - 10^8)$  К/с
- 11. Определите основное достоинство применения способа «закалки» продуктов плазмохимических процессов в поверхностном теплообменнике?**
- а) высокая скорость «закалки»
  - б) высокий выход целевых продуктов
  - в) нет контакта целевых продуктов с охлаждающим теплоносителем
  - в) нет разбавления целевых продуктов охлаждающим газом
- 12. Скорость снижения температуры продуктов плазмохимических процессов при «закалке» твердыми дисперсными частицами (К/с)?**
- а)  $(10^4 - 10^5)$  К/с
  - б)  $(10^5 - 10^6)$  К/с
  - в)  $(10^5 - 10^7)$  К/с
  - г)  $(10^6 - 10^7)$  К/с
  - д)  $(10^6 - 10^8)$  К/с
- 13. Требования к критерию Био при «закалке» продуктов плазмохимических процессов твердыми дисперсными частицами (К/с)?**
- а)  $Bi < 0,2$
  - б)  $Bi < 1$
  - в)  $Bi = 1$
  - г)  $Bi > 1$
- 14. Скорость снижения температуры продуктов плазмохимических процессов при газодинамическом способе «закалки» (К/с)?**
- а)  $(10^4 - 10^5)$  К/с
  - б)  $(10^5 - 10^6)$  К/с
  - в)  $(10^5 - 10^7)$  К/с
  - г)  $(10^6 - 10^7)$  К/с
  - д)  $(10^6 - 10^8)$  К/с
- 15. Определите основное достоинство применения газодинамического способа «закалки» продуктов плазмохимических процессов?**
- а) высокая скорость «закалки»
  - б) высокий выход целевых продуктов
  - в) повышение температуры продуктов плазмохимических процессов при торможении
  - в) требуется высокий перепад давлений
- 16. Определите основной недостаток применения газодинамического способа «закалки» продуктов плазмохимических процессов?**
- а) высокая скорость «закалки»
  - б) высокий выход целевых продуктов
  - в) повышение температуры продуктов плазмохимических процессов при торможении
  - в) требуется высокий перепад давлений
- 17. При каком способе «закалки» скорость снижения температуры продуктов плазмохимических процессов составляет  $(10^6 - 10^8)$  К/с?**
- а) газовой фазой
  - б) затопление в жидкую фазу
  - в) дисперсными жидкими частицами
  - г) дисперсными твердыми частицами
  - д) в поверхностном теплообменнике
  - е) газодинамическая закалка
- 18. При каком способе «закалки» скорость снижения температуры продуктов плазмохимических процессов составляет  $(10^4 - 10^5)$  К/с?**

- а) газовой фазой
- б) затопление в жидкую фазу
- в) дисперсными жидкими частицами
- г) дисперсными твердыми частицами
- д) в поверхностном теплообменнике
- е) газодинамическая закалка

**19. При каком способе «закалки» нет контакта охлаждающего теплоносителя с продуктами плазмохимических процессов?**

- а) газовой фазой
- б) затопление в жидкую фазу
- в) дисперсными жидкими частицами
- г) дисперсными твердыми частицами
- д) в поверхностном теплообменнике
- е) газодинамическая закалка

**20. При каком способе «закалки» есть контакт охлаждающего теплоносителя с продуктами плазмохимических процессов?**

- а) газовой фазой
- б) затопление в жидкую фазу
- в) дисперсными жидкими частицами
- г) дисперсными твердыми частицами
- д) в поверхностном теплообменнике
- е) газодинамическая закалка

**21. Какой способ закалки дает лучшие возможности для использования тепловой энергии?**

- а) газовой фазой
- б) затопление в жидкую фазу
- в) дисперсными жидкими частицами
- г) дисперсными твердыми частицами
- д) в поверхностном теплообменнике
- е) газодинамическая закалка

### **Разделение и обезвреживание продуктов плазмохимических процессов**

**1. Размер частиц, эффективно улавливаемых гравитационными ловителями?**

- а) не менее 0,005 мкм
- б) не менее 1 мкм
- в) не менее 10 мкм
- г) свыше 100 мкм

**2. Средняя скорость запыленных газов в камере гравитационного ловителя?**

- а) не более 1 м/с
- б) не более 3 м/с
- в) не более 10 м/с
- г) не более 30 м/с

**3. Размер частиц, эффективно улавливаемых центробежными фильтрами (циклонами)?**

- а) не менее 0,005 мкм
- б) не менее 1 мкм
- в) не менее 10 мкм
- г) 10-100 мкм

**4. Требуемая скорость запыленных газов на входе в центробежный фильтр (циклон)?**

- а) не более 1 м/с
- б) не более 3 м/с
- в) не более 10 м/с
- г) 20-30 м/с

**5. Размер частиц, эффективно улавливаемых при «сухом» пылеулавливании фильтрами?**

- а) не менее 0,005 мкм
- б) не менее 0,5 мкм
- в) не менее 1 мкм
- г) не менее 5 мкм

**6. Размер частиц, эффективно улавливаемых при «сухом» пылеулавливании фильтрами?**

- а) не менее 0,005 мкм
- б) не менее 0,5 мкм
- в) не менее 1 мкм
- г) не менее 5 мкм

**7. Какой способ обеспечивает эффективное улавливание частиц с размером не менее 0,005 мкм?**

- а) гравитационное осаждение

- б) центробежное осаждение
  - в) «сухое» улавливание на фильтрах
  - г) «мокрое» улавливание на фильтрах
  - д) улавливание на электрофильтрах
- 8. Какой способ обеспечивает эффективное улавливание частиц с размером не менее 0,5 мкм?**
- а) гравитационное осаждение
  - б) центробежное осаждение
  - в) «сухое» улавливание на фильтрах
  - г) «мокрое» улавливание на фильтрах
  - д) улавливание на электрофильтрах
- 9. Какой способ обеспечивает эффективное улавливание частиц с размером не менее 1,0 мкм?**
- а) гравитационное осаждение
  - б) центробежное осаждение
  - в) «сухое» улавливание на фильтрах
  - г) «мокрое» улавливание на фильтрах
  - д) улавливание на электрофильтрах
- 10. Какой способ обеспечивает эффективное улавливание частиц с размером 10-100 мкм?**
- а) гравитационное осаждение
  - б) центробежное осаждение
  - в) «сухое» улавливание на фильтрах
  - г) «мокрое» улавливание на фильтрах
  - д) улавливание на электрофильтрах
- 11. Какой способ обеспечивает эффективное улавливание частиц с размером свыше 100 мкм?**
- а) гравитационное осаждение
  - б) центробежное осаждение
  - в) «сухое» улавливание на фильтрах
  - г) «мокрое» улавливание на фильтрах
  - д) улавливание на электрофильтрах
- 12. Процесс избирательного поглощения отдельных газовых компонентов из газовых смесей жидкими поглотителями (сорбентами)?**
- а) абсорбция
  - б) десорбция
  - в) адсорбция
  - г) сорбция
- 13. Процесс избирательного поглощения отдельных газовых компонентов из газовых смесей твердыми поглотителями (сорбентами)?**
- а) абсорбция
  - б) десорбция
  - в) адсорбция
  - г) сорбция
- 14. Какие системы разделяют при помощи процесса абсорбции?**
- а) газ – газ
  - б) газ – жидкость
  - в) жидкость-жидкость
  - г) газ – твердое тело
- 15. Какие системы разделяют при помощи процесса адсорбции?**
- а) газ – газ
  - б) газ – жидкость
  - в) жидкость-жидкость
  - г) газ – твердое тело

#### **Модуль 4. ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

- 1. Что является неограниченной сырьевой базой для получения NO?**
- а) аммиак;
  - б) воздух;
  - в) водяной пар.
- 2. Определите способ получения NO по схеме:  $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$  ;  $NH_3 + O_2 \rightarrow NO + H_2O$**
- а) плазмохимический;
  - б) аммиачный.
- 3. Определите способ закалки NO, обеспечивающий максимальный выход?**
- а) распыленной водой;

- б) распыленным 10% раствором азотной кислоты;  
в) распыленным 20% раствором азотной кислоты.
- 4. Оптимальное соотношение  $N_2 : O_2$ , обеспечивающее максимальный выход NO в азотно-кислородной плазме?**
- а) 1:2;  
б) 1:1;
- 5. Определите основное преимущество ВЧ плазмотронов перед электродуговыми при особо чистых целевых продуктах?**
- а) высокая температура плазменной струи;  
б) малые скорости плазменной струи;  
в) отсутствие загрязнения плазменной струи конструкционными материалами.
- 6. В каком процессе достигается полная степень превращения  $TiCl_4$  в  $TiN$  при  $T=600\div 2000K$ ?**
- а) восстановление в аммиачной плазме;  
б) восстановление в водородной плазме с последующим азотированием  $NH_3$ ;  
в) водородное восстановление в азотной плазме.
- 7. Влияние колебаний температуры в интервале  $T=600\div 2000K$  на полную степень превращения  $TiCl_4$  в  $TiN$  при водородном восстановлении в азотной плазме?**
- а) сильное;  
б) слабое;
- 8. Что необходимо сделать для сохранения целевого продукта  $TiN$  ?**
- а) медленное снижение температуры;  
б) закалка;  
в) уменьшение парциального давления  $TiCl_4$  в исходной смеси.)
- 9. Что необходимо сделать для повышения выхода целевого продукта  $TiN$ ?**
- а) медленное снижение температуры;  
б) закалка;  
в) уменьшение парциального давления  $TiCl_4$  в исходной смеси.
- 10. С какой целью вся аппаратура, соприкасающаяся с  $TiCl_4$ , выполнена из кварцевого стекла?**
- а) обеспечение герметичности аппаратуры;  
б) высокая химическая агрессивность  $TiCl_4$ .
- 11. При какой схеме ввода  $TiCl_4$  в плазму удастся управлять удельной поверхностью порошков  $TiN$  в пределах  $20\div 30$  м<sup>2</sup>/г?**
- а) поперечная;  
б) осевая.
- 12. При какой схеме ввода  $TiCl_4$  в плазму удастся управлять удельной поверхностью порошков  $TiN$  в пределах  $40\div 90$  м<sup>2</sup>/г?**
- а) поперечная;  
б) осевая.
- 13. Необходимый компонент при плазменном получении карбидов металлов из парообразных хлоридов?**
- а) водород;  
б) карбидизатор;  
в) плазмообразующий газ.
- 14. Карбидизатор, применяемый при плазменном получении карбидов металлов из парообразных хлоридов?**
- а) водород;  
б) аргон;  
в) бензин.
- 15. Карбидизатор, применяемый при плазменном получении карбидов металлов из парообразных хлоридов?**
- а) природный газ;  
б) водород;  
в) аммиак.
- 16. Плазмообразующий газ, применяемый при плазменном получении карбидов металлов из парообразных хлоридов?**
- а) природный газ;  
б) водород;  
в) аммиак.
- 17. Плазмообразующий газ, применяемый при плазменном получении карбидов металлов из парообразных хлоридов?**

- а) природный газ;
  - б) водород;
  - в) аргон.
- 18. Плазмообразующий газ, применяемый при плазменном получении карбидов металлов из парообразных хлоридов на крупных промышленных установках?**
- а) водород;
  - б) аргон.
- 19. Плазмотроны, позволяющие избежать загрязнения целевого продукта за счет эрозии электродов при плазменном получении карбидов металлов из парообразных хлоридов?**
- а) ВЧ и СВЧ плазмотроны;
  - б) электродуговые.
- 20. Что необходимо для получения достаточно чистых карбидов металлов из парообразных хлоридов?**
- а) ВЧ и СВЧ плазмотроны;
  - б) глубокая очистка хлоридного сырья.
- 21. Что необходимо для получения достаточно чистых карбидов металлов из парообразных хлоридов?**
- а) глубокая очистка плазмообразующего газа от следов влаги и кислорода;
  - б) ВЧ и СВЧ плазмотроны.
- 22. Плазмообразующий газ, применяемый при плазменном получении оксидов металлов из парообразных хлоридов?**
- а) природный газ;
  - б) кислород;
  - в) аммиак.
- 23. Наиболее распространенная схема, применяемая при плазменном получении оксидов металлов из парообразных хлоридов?**
- а) окислитель (воздух,  $O_2$ ) подается в плазму галогенида ( $MeCl_x$ );
  - б) галогенид ( $MeCl_x$ ) подается в плазму окислителя (воздух,  $O_2$ );
  - в) смесь галогенида ( $MeCl_x$ ) и окислителя (воздух,  $O_2$ ) переводятся в плазму.
- 24. Достоинство плазменного метода получения соединений металлов из парообразных хлоридов?**
- а) химические реакции образования целевого продукта протекают в газовой фазе;
  - б) отходящие газы требуют очистки и обезвреживания;
  - в) порошки соединений металлов содержат примеси хлора и кислорода.
- 25. Недостаток плазменного метода получения соединений металлов из парообразных хлоридов?**
- а) порошки соединений металлов содержат примеси хлора и кислорода;
  - б) химические реакции образования целевого продукта протекают в газовой фазе;
  - в) возможность глубокой очистки исходного сырья.
- 26. Достоинство плазменного метода получения соединений металлов из парообразных хлоридов?**
- а) порошки соединений металлов содержат примеси хлора и кислорода;
  - б) возможность получения порошков различного состава (карбиды, нитриды и др.);
  - в) коррозионная способность хлоридов летучих соединений.
- 27. Недостаток плазменного метода получения соединений металлов из парообразных хлоридов?**
- а) возможность управлять дисперсностью ультрадисперсных порошков соединений металлов;
  - б) отходящие газы требуют очистки и обезвреживания;
  - в) возможность глубокой очистки исходного сырья.
- 28. Преимущество применения плазменных теплоносителей для переработки водносолевых растворов металлов, суспензий и пульп?**
- а) высокая энтальпия;
  - б) низкая энтальпия.
- 29. Основной недостаток способа термической переработки водносолевых растворов, суспензий и пульп?**
- а) низкая удельная поверхность сырья;
  - б) низкая энтальпия теплоносителя.
- 30. Основное преимущество плазмотермического способа переработки диспергированных водносолевых растворов металлов, суспензий и пульп перед термическим?**
- а) высокая удельная производительность;
  - б) доступность сырья.
- 31. Основная причина неиспользования различных способов диспергирования жидкостей (кроме механического) для распыления суспензий и пульп?**
- а) жесткие требования к содержанию механических примесей;
  - б) высокая вязкость;
  - в) высокая концентрация.
- 32. Влияние вязкости жидкости на размер образующихся при диспергировании капель?**
- а) слабое;

- б) сильное;
  - в) не влияет.
- 33. Влияние температуры на вязкость диспергируемой жидкости?**
- а) слабое;
  - б) сильное;
  - в) не влияет.
- 34. Влияние вязкости жидкости на размер образующихся при диспергировании капель?**
- а) слабое;
  - б) сильное;
  - в) не влияет.
- 35. Параметр, оказывающий сильное влияние на вязкость раствора?**
- а) давление;
  - б) температура;
  - в) концентрация.
- 36. Тип форсунок, пригодный для диспергирования вязких жидкостей и суспензий?**
- а) пневматические;
  - б) центробежные;
  - в) механические;
  - г) гидравлические;
  - в) акустические.
- 37. Преимущество механических форсунок?**
- а) высокая производительность;
  - б) диспергирование жидкостей с механическими примесями.
- 38. Путь эффективного снижения диаметра образующихся капель механическими форсунками?**
- а) повышение частоты вращения дисков-распылителей;
  - б) повышение температуры пленки жидкости на вращающемся диске.
- 39. Для каких минералов в США освоено плазмохимическое вскрытие руд?**
- а) ильменит;
  - б) родонит;
  - в) циркон.
- 40. Определите минерал – циркон?**
- а)  $TiSiO_3$ ;
  - б)  $ZrSiO_4$ .
- 41. Определите минерал – ильменит?**
- а)  $TiSiO_3$ ;
  - б)  $ZrSiO_4$ .
- 42. Схема восстановления оксидов тугоплавких металлов в водородной плазме, обеспечивающая максимальную скорость процесса?**
- а) «газ – твердое вещество»;
  - б) «газ – газ»;
  - в) «газ – жидкость».
- 43. Полное время гетерогенной реакции восстановления  $WO_3$  в водородной плазме?**
- а) 100 сек;
  - б)  $10^{-4}$  сек.
- 44. Полное время гомогенной реакции восстановления  $WO_3$  в водородной плазме?**
- а) 100 сек;
  - б)  $10^{-4}$  сек.

## II Лабораторные работы

### 1. Определение КПД высокочастотного факельного плазмотрона.

1. Из каких основных узлов состоит плазменная установка?
2. Последовательность включения плазменной установки?
3. Последовательность выключения плазменной установки?
4. Каким способом определяются потери тепловой мощности на водоохлаждаемых узлах плазменной установки?
5. Как определяется мощность, подведенная от ВЧ генератора к ВЧ-факельному плазмотрону?
6. Как определяется мощность плазменной струи (полезная мощность),

генерируемая ВЧ факельным плазмотроном?

7. Как определяется КПД ВЧ факельного плазмотрона?

1. Как определяется среднемассовая температура плазменной струи?
2. Перечислите требования безопасности перед началом работы установки?
3. Перечислите требования безопасности во время работы установки?
4. Перечислите требования безопасности по окончании работы установки?
5. Перечислите требования безопасности при аварийных ситуациях на установке?

## **2. Измерение температуры плазменной струи по её энтальпии**

1. Из каких основных узлов состоит плазменная установка?
2. Последовательность включения плазменной установки?
3. Последовательность выключения плазменной установки?
4. Каким способом определяются потери тепловой мощности на водоохлаждаемых узлах плазменной установки?
5. Как определяется мощность, подведенная от ВЧ генератора к ВЧ факельному плазмотрону?
6. Как определяется мощность плазменной струи (полезная мощность), генерируемая ВЧ факельным плазмотроном?
7. Как определяется энтальпия плазменной струи, генерируемая ВЧ факельным плазмотроном?
8. Как определяется среднемассовая температура плазменной струи?
9. Перечислите требования безопасности перед началом работы.
10. Перечислите требования безопасности во время работы установки?
11. Перечислите требования безопасности по окончании работы установки.
12. Перечислите требования безопасности при аварийных ситуациях на установке?

## **3. Измерение скорости истечения плазменной струи.**

1. Из каких основных узлов состоит плазменная установка?
2. Последовательность включения плазменной установки?
3. Последовательность выключения плазменной установки?
4. Каким способом определяются потери тепловой мощности на водоохлаждаемых узлах плазменной установки?
5. Как определяется мощность, подведенная от ВЧ генератора к ВЧ факельному плазмотрону?
6. Как определяется мощность плазменной струи (полезная мощность), генерируемая ВЧ факельным плазмотроном?
7. Как определяется скорость плазменной струи, генерируемой ВЧ факельным плазмотроном?
8. Перечислите требования безопасности перед началом работы.
9. Перечислите требования безопасности во время работы установки?
10. Перечислите требования безопасности по окончании работы установки.
11. Перечислите требования безопасности при аварийных ситуациях на установке?

## **4. Измерение теплового потока плазменной струи.**



1. Из каких основных узлов состоит плазменная установка?
2. Последовательность включения плазменной установки?
3. Последовательность выключения плазменной установки?
4. Каким способом определяются потери тепловой мощности на водоохлаждаемых узлах плазменной установки?
5. Как определяется мощность, подведенная от ВЧ генератора к ВЧ факельному плазмотрону?
6. Как определяется мощность плазменной струи (полезная мощность), генерируемая ВЧ факельным плазмотроном?
7. Как определяется тепловой поток плазменной струи, генерируемой ВЧ факельным плазмотроном?
8. Перечислите требования безопасности перед началом работы.
9. Перечислите требования безопасности во время работы установки?
10. Перечислите требования безопасности по окончании работы установки.
11. Перечислите требования безопасности при аварийных ситуациях на установке?

### III Экзаменационные билеты

#### Билет № 1

1. Упругие взаимодействия частиц в плазме.
2. Высокочастотный разряд H-типа.
3. Измерение температуры плазмы.
4. Закалка целевых продуктов газовой фазой.
5. Отделение целевых продуктов в системе «газ–газ».
6. Переработка газообразного сырья в плазме.
7. Задача. С использованием программного комплекса для термодинамических расчетов «TERRA» провести компьютерное моделирование процесса плазмохимического синтеза оксида азота в воздушной плазме и определить условия, обеспечивающие максимальный выход целевого продукта в виде оксида азота в конденсированной фазе с минимальными энергозатратами.

#### Билет № 2

1. Неупругие взаимодействия частиц в плазме.
2. Высокочастотный разряд E-типа.
3. Измерение скорости течения плазмы.
4. Закалка целевых продуктов жидкой фазой.
5. Отделение целевых продуктов в системе «газ–твердое вещество».
6. Переработка твердого сырья в плазме.
7. Задача. С использованием программного комплекса для термодинамических расчетов «TERRA» провести компьютерное моделирование процесса плазмохимического вскрытия минерала циркона ( $ZrSiO_4$ ) в воздушной и фтор-воздушной плазме и определить условия, обеспечивающие максимальный выход целевого продукта в виде диоксида циркония в конденсированной фазе с минимальными энергозатратами.