

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт физико-химических технологий и материало-
ведения (ИФХТиМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Мацулевич Ж.В.

“08” июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.7 «Физико-химические основы и способы получения водорода»
для подготовки магистров

Направление подготовки: 18.04.01 Химическая технология

Направленность: Электрохимические процессы и производства

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: ТЭПиХОВ

Кафедра-разработчик: ТЭПиХОВ

Объем дисциплины: 108/3
часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет (1 семестр)

Разработчик: Бачаев А.А., к.т.н.

Нижний Новгород
2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07 августа 2020 г. № 910 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 03.12.2020 г. № 4.

Рабочая программа принята на заседании кафедры «Технология электрохимических производств и химии органических веществ»

Протокол заседания от «03» июня 2021 г. №7

Зав. кафедрой к.т.н., доцент, Ивашкин Е.Г. _____

Рабочая программа утверждена на заседании Учебно-методического совета института физико-химических технологий и материаловедения

Протокол заседания от «08» июня 2021 г. №1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 18.04.01-П-16.
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____

(подпись) Н.И. Кабанина

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ	3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	9
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	13
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	17
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	18
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	18
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	19
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	19
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	19
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	19
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	20
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	21
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	21
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	22
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ	22
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ	22
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ	22
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	22
11.1 ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	22
11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ В ФОРМЕ ЭКЗАМЕНА С ОЦЕНКОЙ	23

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины являются: формирование у студентов основных представлений о принципах, достоинствах и недостатках способов получения водорода и их обоснованного выбора с учетом конкретных условий, а также навыков алгоритмов решения проблемных вопросов.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- основные представления о физико-химических основах способов;
- формирование навыков выявления проблем и способов их решения;
- получение необходимых знаний о способах снижения углеродного следа.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) Б1.В.ОД.7 «Физико-химические основы и способы получения водорода» включена в перечень обязательных дисциплин вариативной части образовательной программы по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, программы магистратуры «Электрохимические процессы и производства». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Электрохимические технологии», «Научные основы процессов массопереноса и разделения», «Информационные технологии в науке и образовании», изучаемых в 1 семестре.

Полученные знания необходимы: для изучения предметов по профилю подготовки «Электрохимические технологии», «Преддипломная практика», «Технологическая практика», «Научно-исследовательская работа», подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих профессиональных компетенций в соответствии с ОП ВО по специальности 18.04.01 Химическая технология программы магистратуры «Электрохимические процессы и производства»:

ПК-1 Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем, решению задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения, обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

ПК-5 Способен управлять разработкой и оптимизацией технологического процесса.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины			
	1	2	3	4
ПК-1				
Научные основы процессов массопереноса и разделения (Б1.В.ОД.1)				
Электрохимические технологии (Б1.В.ОД.2)				
Научные основы химической металлизации (Б1.В.ОД.3)				
Физико-химические основы и способы получения водорода (Б.1.В.ОД.7)				
Ознакомительная практика (Б2.У.1)				
Научно-исследовательская работа (Б2.П.1)				
Научно-исследовательская работа (Б2.П.3)				
Технологическая практика				
Преддипломная практика				
Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (Б3Д.1)				
ПК-5				
Научные основы процессов массопереноса и разделения (Б.1.В.ОД.1)				
Электрохимические технологии (Б.1.В.ОД.2)				
Научные основы химической металлизации (Б1.В.ОД.3)				
Физико-химические основы и способы получения водорода (Б.1.В.ОД.7)				
Технологическая практика (Б2.П.2)				
Преддипломная практика (Б2.П.4)				
Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (Б3Д.1)				

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства			
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации		
Тип профессиональной деятельности – научно-исследовательский						
Трудовая функция: В/02.6 (ПС 40.011) В/02.6 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований						
ПК-1 Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем, решению задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения, обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ИПК-1.1. Проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем	Знать: приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования.	Уметь: проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования.	Владеть: навыками проведения исследовательских работ; навыками проектирования; навыками расчетов; конструктивным устройством оборудования..	Вопросы для устного собеседования:	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПК-1.2. Обрабатывает и анализирует научно-техническую информацию и результаты исследований	Знать: библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации.	Уметь: составлять план размещения системы вентиляции; правильно выбирать воздухораспределители, вентиляторы, электродвигатели к ним и калориферы для систем вентиляции и отопления. обрабатывать результаты исследований.	Владеть: навыками работы с технической литературой; умением вести патентный поиск; навыками обработки экспериментальных расчетов.	Вопросы для устного собеседования:	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПК-1.3 Решает задачи аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения	Знать: актуальные способы решения задач; критерии выбора.	Уметь: критически оценивать многообразие способов; выбирать главное; устанавливать причинно-следственные связи.	Владеть: способами оптимизации; навыками ранжирования критериев	Вопросы для устного собеседования:	Вопросы для устного собеседования: билеты

Тип профессиональной деятельности – технологический						
Трудовая функция: F/05.7 (ПС 26.020) F/05.7 Управление разработкой и оптимизацией технологического процесса						
ПК-5 Способен управлять разработкой и оптимизацией технологического процесса	ИПК-5.1. Управляет разработкой технологического процесса	Знать: правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретическое основы процессов; конструкции оборудования.	Уметь: проводить расчеты; критически оценивать полученные результаты; иллюстрировать разработки; оптимизировать режимы	Владеть: навыками расчетов; правилами оптимизации.	Вопросы для устного собеседования:	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПК-5.2. Проводит работы по оптимизации технологического процесса	Знать: взаимозависимость стадий технологического процесса; инновации по проблемным вопросам	Уметь: выявлять узкие места технологического процесса; выявлять и анализировать проблемные вопросы	Владеть: навыками оптимизации; навыками выбора критериев	Вопросы для устного собеседования:	Вопросы для устного собеседования: билеты

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. 108 часов, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		1сем
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	40	40
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	34	34
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	-	-
1.2.Внеаудиторная, в том числе	6	6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	2	2
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	-	-
2. Самостоятельная работа (СРС)	68	68
реферат/эссе (подготовка)	-	-
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-
контрольная работа	-	-
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	36	36
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.), в т.ч. подготовка к зачёту	36	36
Подготовка к зачету (контроль)	-	-

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
1 семестр								
ПК-1 ИПК -1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3 ПК-5 ИПК-5.1 ИПК-5.2	Раздел 1 Введение						Презентация	Конспект лекций
	Тема 1.1 Проблема углеродного следа. Классификация видов водорода. Водородная энергетика, динамика. Углеродная нейтральность (декарбонизация). Киотское и Парижское соглашение по климату.	2,0			2,0	Подготовка к лекции [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	2,0	-	-	2,0			
ПК-1 ИПК -1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3 ПК-5 ИПК-5.1 ИПК-5.	Раздел 2. Промышленные способы получения водорода с выделением побочного углерод-содержащего продукта. Принцип, физико-химические основы, достоинства и недостатки.						Презентация	Конспект лекций
	Тема 2.1. Газификация угля	1,0			1,0	Подготовка к лекции [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 2.2. Конверсия углеводородных газов	2,0			2,0			
	Тема 2.3. Пиролиз метана	2,0			2,0			
	Тема 2.4. Плазмохимическое разложение газов	2,0			2,0			
	Тема 2.5. Метод глубокого охлаждения газовых смесей	1,0			1,0			
	Тема 2.6. Способы утилизации побочных углерод-содержащих продуктов	2,0			2,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				10,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу	10,0	-	-	10,0			
ПК-1 ИПК -1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3 ПК-5 ИПК-5.1 ИПК-5.	Раздел 3 Промышленные способы получения водорода разложением воды без выделения углерод-содержащего продукта . Принцип, физико-химические основы, достоинства и недостатки						Презентация	Конспект лекций
	Тема 3.1 Электролиз воды	1,0	-		2,0	Подготовка к лекции [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]		
	Тема 3.2 Расчет теоретического напряжения разложения воды в электролизерах со щелочно-кислотным электролитом		-					
	Практическое занятие по теме 3.2		-	3,0	3,0	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		
	Тема 3.3 Расчет массы и реального объема потока, входящего в фильтрпрессный диафрагменный электролизер марки ФВ, и выходящего из него водород-газа							
	Практическое занятие по теме 3.3			4,0	3,0	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		
	Тема 3.4 Расчет падения напряжения в электролите при условии плотного примыкания электродов к поверхности диафрагмы							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Практическое занятие по теме 3.4			2,0	2,0	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		
	Тема 3.5 Расчет удельных расходов электроэнергии, металлов, производственной площади при увеличении плотности тока							
	Практическое занятие по теме 3.5			4,0	3,0	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		
	Тема 3.6 Определения экономической плотности тока							
	Практическое занятие по теме 3.6			4,0	3,0	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.5], [6.1.8]		
	Практическое занятие			17				
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				16,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	1,0	-	17,0	16,0			
ПК-1 ИПК -1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3 ПК-5 ИПК-5.1 ИПК-5.	Раздел 4. Сравнительный анализ технико-экономических характеристик способов получения водорода				Подготовка к лекции [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]	Презентация	Конспект лекций	
	Тема 1.Мероприятия по увеличению производительности электролиза на основании анализа кинетического уравнения для выделения водорода.	2,0	-				2,0	
	Тема 2.Мероприятия по уменьшению удельного расхода элект-	2,0	-		2,0			

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование использу- емых активных и интер- активных образователь- ных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
	троэнергии на основе анализа баланса напряжения и уравнения поляризации для выделения во- дорода							
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				4,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	4,0	-	-	4,0			
	Курсовая работа				36,0			
	ИТОГО по дисциплине	17,0	-	17,0	68,0			

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам практических занятий и курсовой работы.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета в 1 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Технология электрохимических производств и химии органических веществ».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при промежуточной аттестации и оценка выполнения курсовой работы приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при промежуточном контроле и оценка выполнения курсовой работы

Шкала оценивания	Курсовая работа	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ПК-1 Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при исследовании самостоятельных тем, решению задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения, обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ИПК-1.1. Проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем	Не знает приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования. Не имеет представления как проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования.	Слабо знает приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования. Имеет слабое представление как проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования.	Не уверенно знает приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования. Имеет хорошее представление как проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования.	Уверенно знает приборы и методы научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; нормативные документы для проектирования; основы проектирования. Имеет отличное представление как проводить научные экспериментальные исследования; проектировать оптимальный вариант; выбирать конструктивные элементы и вспомогательное оборудование; составлять план размещения технического оборудования.

	ИПК-1.2. Обрабатывает и анализирует научно-техническую информацию и результаты исследований	Не знает библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации. Не имеет представления о навыках работы с технической литературой; умении вести патентный поиск; о навыках обработки экспериментальных расчетов.	Слабо знает библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации. Имеет слабое представление о навыках работы с технической литературой; умении вести патентный поиск; о навыках обработки экспериментальных расчетов.	Уверенно знает библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации. Имеет достаточно хорошее представление о навыках работы с технической литературой; умении вести патентный поиск; о навыках обработки экспериментальных расчетов	Отлично знает библиографию по разрабатываемой теме; способы обработки полученной информации, может критически оценивать полученную информацию; выбрать главное; формулировать гипотезы; обрабатывать результаты исследований. Имеет уверенные навыки работы с технической литературой; умеет вести патентный поиск; имеет уверенные навыки обработки экспериментальных расчетов.
	ИПК-1.3 Решает задачи аналитического характера, предполагающих выбор и многозначие актуальных способов решения	Не знаком с актуальными способами решения задач; с критериями выбора, со способами оптимизации; навыками ранжирования критериев. Не способен критически оценивать многозначие способов; выбирать главное; устанавливать причинно-следственные связи.	Слабо знаком с актуальными способами решения задач; с критериями выбора, со способами оптимизации; навыками ранжирования критериев. Слабо способен критически оценивать многозначие способов; выбирать главное; устанавливать причинно-следственные связи.	Не уверенно знаком с актуальными способами решения задач; с критериями выбора, со способами оптимизации; навыками ранжирования критериев. Способен достаточно хорошо критически оценивать многозначие способов; выбирать главное; устанавливать причинно-следственные связи.	Уверенно знаком с актуальными способами решения задач; с критериями выбора, со способами оптимизации; навыками ранжирования критериев. Отлично критически оценивает многозначие способов; выбирает главное; устанавливает причинно-следственные связи.

ПК-5 Способен управлять разработкой и оптимизацией технологического процесса	ИПК-5.1. Управляет разработкой технологического процесса	Не знает правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретические основы процессов; конструкции оборудования. Не имеет представления о навыках расчётов; правилах оптимизации режимов.	Слабо знает правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретические основы процессов; конструкции оборудования. Имеет слабое представление о навыках расчётов; правилах оптимизации режимов.	Не уверенно знает правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретические основы процессов; конструкции оборудования. Имеет достаточно хорошие представления о навыках расчётов; правилах оптимизации режимов.	Уверенно знает правила и последовательность разработки технологического процесса; методики расчетов; взаимосвязь отдельных разделов; теоретические основы процессов; конструкции оборудования. Имеет отличные представления о навыках расчётов; правилах оптимизации режимов.
	ИПК-5.2. Проводит работы по оптимизации технологического процесса Знать: взаимозависимость стадий технологического процесса; инновации по проблемным вопросам. Уметь: выявлять узкие места технологического процесса; выявлять и анализировать проблемные вопросы. Владеть: навыками оптимизации; навыками выбора критериев.	Не знает взаимозависимость стадий технологического процесса; не знаком с инновациями по проблемным вопросам. Не имеет представления о навыках оптимизации технологического процесса; о навыках выбора критериев.	Слабо знает взаимозависимость стадий технологического процесса; слабо знаком с инновациями по проблемным вопросам. Имеет слабое представление о навыках оптимизации технологического процесса; о навыках выбора критериев.	Не уверенно знает взаимозависимость стадий технологического процесса; достаточно хорошо знаком с инновациями по проблемным вопросам. Имеет достаточно хорошие представления о навыках оптимизации технологического процесса; о навыках выбора критериев.	Уверенно знает взаимозависимость стадий технологического процесса; отлично знаком с инновациями по проблемным вопросам. Имеет отличное представление о навыках оптимизации технологического процесса; о навыках выбора критериев.

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда, электронные издания.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль). Издания, находящиеся в электронном доступе (электронный ресурс), удовлетворяют этому требованию автоматически. Электронный доступ приведен в виде ссылок после обычного описания издания.

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.1.1.	Радченко Р.В. Мокрушин А.С. Тюльпа В.В.	Водород в энергетике	Екатеринбург: Уральский федеральный центр имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, 2014 – 234 с.	Учебное пособие	[Электронный ресурс]
6.1.2.	Ткачек З.А.	Электролиз воды	Москва, 2012		[Электронный ресурс]
6.1.3.	Миомандр Ф, Садаки С., Одебер П.	Электрохимия	М.:Высшее образование, 2008	учебник	10
6.1.4.	Дамаскин Б. Б.,	Электрохимия	СПб.: Издатель-	Учебное пособие	[Элек-

	Петрий О. А., Цирлина Г. А.		ство «Лань», 2015. — 672 с		тронный ресурс]
6.1.5.	Исаев В.В., Козырин, В.А. Михаленко М.Г.	Основные поло- жения и понятия теоретической электрохимии	НГТУ им. Р.Е. Алексеева 2018	Учебное пособие	2
6.1.8.	Бачаев А.А. Рогожин В.В.	Методические указания к выпол- нению дипломно- го проекта по раз- делу "Электролиз водных растворов без выделения металлов", "Элек- тролитическое производство во- дорода и кислоро- да" для студентов направления 18.04.01 "Химиче- ская технология".	НГТУ им. Р.Е. Алексеева 2018.	Учебное пособие	2

6.2. Справочно-библиографическая литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в биб- лиотеке
6.2.1.	С.А. Гаврилов, А.Н. Белов	Электрохимические про- цессы в технологии мик- ро- и нанoeлектроники	Нац.-исслед.ун-т "МИЭТ". - М. Юрайт, 2014	Учебное пособие	2
6.2.2.	М.Г. Михаленко [и др]	Лабораторный практи- кум по основам электро- химической технологии	НГТУ им.Р.Е.Алексеев а; Н.Новгород : 2017	Учеб.пособие	[Элек- тронный ресурс]
6.2.3.	Салем Р.Р.	Физическая химия. Начала теоретической электрохимии	М.:Ком.книга, 2005	-	30
6.2.4.	Комкин А.С., Спиридонов В.С.	Расчет систем механиче- ской вентиляции	Изд-во НГТУ им. Н.Э. Баума- на, 2007	Учебное пособие	1(на ка- федре ТЭП)

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных за-
нятий по дисциплине «Физико-химические основы и способы получения водорода» находятся
на кафедре «ТЭПиХОВ».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине
«Физико-химические основы и способы получения водорода».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной
работы по дисциплине «Физико-химические основы и способы получения водорода».

7.ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.

1. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
2. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
3. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
4. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
5. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специа-

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

№	Наименование аудиторий и помещений кафедры	Оснащенность аудиторий и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	1160 Компьютерный класс (для проведения занятий лабораторного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы студентов, курсового проектирования, выполнения курсовых работ); 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24, корп. 1	1. Доска магнитно-маркерная; 2. Рабочее место преподавателя; 3. Рабочее место студента - 12 чел. 4. Персональные компьютеры, Intel(R) Core(TM) i3-3220 CPU @ 3.30 GHz 4,00 ГБ ОЗУ /HDD 500, в составе локальной вычислительной сети, с подключением к интернету. (10 шт.) 5. Персональные компьютеры, Intel(R) Pentium(R) CPU G2030 @ 3.00 GHz 4,00 ГБ ОЗУ /HDD 1000, в составе локальной вычислительной сети, с подключением к интернету. (3 шт.) 6. Персональные компьютеры, Intel(R) Core(TM)2 CPU 6320 @ 1.86 GHz 1,00 ГБ ОЗУ /HDD 159,9, в составе локальной вычислительной сети, с подключением к интернету. (2 шт.); 7. Многофункциональный аппарат Xerox work center PE 220 8. Принтер HP LaserJet 1020	1. Windows SL 8.1 (подписка Dr. Spark Prem. 700087777); (13 шт) 2. Adobe Acrobat Reader X (Freeware); 3. Ms Office St 2013 (Ms Open License № 62381369) (13 шт); 4. Ms Access 2007(Dr. Spark Prem. 700087777) (13 шт); 5. AutoCAD 2019 (Сетевая севр.lic5 (НГТУ)) (13 шт); 6. Dr.Web (Обще инстит. подписка) (15 шт); 7. ZView (Freeware); 8. AnyLogic (Free PLE); 9. Deductor Academic (бесплатная некоммерческая версия Deductor); 10. VirtualBox (Free); 11. Cell-Design (Demo); 12. Малая ЭС 2.0 (Free); 13. ADTester (Free); 14. DBSolveOptimum (Free); 15. MSOffice 2007 Standard Russian Academic OPEN No Level (Microsoft Open License Academic № 45990647 (бессрочная)) (1 шт.); 16. WinXP (Dream Spark Premium 700087777) (2 шт.); 17. ABBYY Fine Reader 9.0 Corporate Edition (AF90-3S1P03-102 бессрочная) (1 шт.); 18. Zoom (Free) (1 шт.).
2	1345 Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра	1. Доска меловая; 2. Экран настенный; 3. Рабочее место преподавателя; 4. Рабочее место студента - 28 чел. 5. Мультимедийный проектор Epson ER; 6. Персональный компьютер, Intel(R)	1. Windows SL 8.1 (подписка Dr. Spark Prem, договор № 0509/KMP от 15.10.18); 2. Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021); Распространяемое по свободной лицензии:

№	Наименование аудиторий и помещений кафедры	Оснащенность аудиторий и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
	«Технология электрохимических производств и химии органических веществ»), 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24, корп. 1	Core(TM) i3-3220 CPU @ 3.30 GHz 4,00 ГБ ОЗУ /HDD 500.	3 Adobe Acrobat Reader X (Freeware); 4. P7 офис 5. Zoom (Free) (1 шт.)

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Физико-химические основы и способы получения водорода», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ТЭПиХОВ» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях, практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с учетом текущей успеваемости.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делают акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лек-

ций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.

Лабораторные работы не предусмотрены.

10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях.

1. Исаев В.В., Козырин, В.А. Михаленко М.Г. «Основные положения и понятия теоретической электрохимии», НГТУ, Н.Новгород, 2018.

2. Бачаев А.А. Рогожин В.В. Методические указания к выполнению курсового проекта по разделу "Электролиз водных растворов без выделения металлов", "Электролитическое производство водорода и кислорода" для студентов направления 18.04.01 "Химическая технология", НГТУ, Н.Новгород, 2018

10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в разделе 9). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ТЭПиХОВ».

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение текущего опроса;
- защита курсовой работы;
- зачет.

11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации

Примерные темы курсовых работ:

1. Приготовление раствора и электролиз при получении водорода по «щелочной» технологии.
 2. Электролиз и регенерация электролита при получении водорода по «щелочной» технологии.
 3. Получение водорода электролизом по «щелочной» технологии, осушка и очистка.
 4. Получение кислорода электролизом по «щелочной» технологии, осушка и очистка.
 5. Очистка воды и электролиз при получении водорода по технологии с ТПЭ.
 6. Очистка воды, приготовление раствора и электролиз при получении водорода по «серно-кислотной» технологии.
 7. Получение водорода электролизом по «щелочной» технологии под давлением.
 8. Получение водорода электролизом с заменой анодного процесса.
 9. Интенсификация водородного процесса при получении его электролизом по «щелочной» технологии.
 10. Энергосбережение при получении водорода электролизом по «щелочной» технологии.
 12. Транспортировка и накопление водорода.
- Бачаев А.А. Рогожин В.В Методические указания к выполнению курсового проекта по разделу "Электролиз водных растворов без выделения металлов", "Электролитическое производство водорода и кислорода" для студентов направления 18.04.01 "Химическая технология", НГТУ, Н.Новгород, 2018

11.2.1. Вопросы к зачету, проводимому по окончании первого семестра

1. Особенности и показатели паракислородной конверсии.
2. Получение водорода пиролизом метана. Сырье, принцип, масштабы. Достоинства и недостатки, удельные затраты.
3. Физико-химические основы пиролиза: механизмы, реакции, режимы, катализаторы.
4. Принципиальная технологическая схема получения водорода пиролизом метана, «Углеродный» след.
5. Получение водорода плазмохимическим разложением газов: сырье, принцип, достоинства и недостатки, масштабы, качество, удельные затраты.
6. Физико-химические основы пиролиза: стадийность, реакции, режимы, ионизаторы.
7. Принципиальная схема получения водорода плазмохимическим разложением газов, «Углеродный» след.
8. Получение водорода газификацией угля: сырье, принцип, достоинства и недостатки, масштабы, качество, удельные затраты.
9. Физико-химические основы газификации: стадийность, реакции, режимы, классификация процессов.
10. Принципиальная технологическая схема получения водорода газификацией угля. «Углеродный» след.
12. Получение водорода глубоким охлаждением газовых смесей: сырье, принцип, достоинства и недостатки, масштабы, качество, удельные затраты.
13. Физико-химические основы глубокого охлаждения: ступенчатость, холодильные циклы, режимы.
14. Принципиальная технологическая схема получения водорода глубоким охлаждением. «Углеродный» след.
15. Утилизация углерод-содержащих отходов:
 - извлечение;
 - физико-химические основы способов улавливания двуокиси углерода из водородных потоков, достоинства и недостатки;
 - транспортировка;
 - захоронение.
16. Рециклинг двуокиси углерода: перечень товарных продуктов, объемы потребления (производства); физико-химические основы их получения: реакции, режимы, достоинства и недостатки.

17. Получение водорода электролизом воды: принцип, масштабы, достоинства и недостатки, качество, удельные затраты.
18. Физико-химические основы электролиза: реакции, режимы.
19. Принципиальные технологические схемы получения водорода электролизом: щелочной; с твердым полимерным электролитом; с твердым оксидным электролитом. Особенности.
20. Сравнительный анализ технико-экономических характеристик способов получения водорода. Выбор способа с учетом: качества и объемов производимого водорода, доступности и стоимости сырья, экологичности производства, удаленных затрат.
21. Транспортировка и накопление водорода.
22. Снижение энергозатрат на электролиз. Анализ баланса напряжения. Мероприятия по уменьшению вклада наиболее значимых составляющих (напряжение разложения, омические потери).
23. Анализ уравнений поляризаций водородного и кислородного процессов. Мероприятия по их уменьшению, сдерживающие факторы.
24. Увеличение скорости получения водорода электролизом. Анализ уравнения кинетики выделения водорода. Возможности увеличения скорости, сдерживающие факторы.

Директор института ИФХТиМ
Мацулевич Ж.В.