

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.09.04
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	7 семестр - 16 часов;
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 79,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Дискуссия Реферат	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	7 семестр - 0,30 часа;

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Нефедкин С.И.
	Идентификатор	Re4207b7b-NefedkinSI-3a80b823

(подпись)

С.И. Нефедкин

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ланская И.И.
	Идентификатор	R3db6324d-Lanskyall-6f410db9

(подпись)

И.И. Ланская

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулешов Н.В.
	Идентификатор	Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6

(подпись)

Н.В. Кулешов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение классических и современные методов физико-химических исследований применительно к технологиям водородной и электрохимической энергетики с целью исследования и улучшения параметров электрохимических устройств, таких как топливные элементы и электролизные ячейки, электрохимические аккумуляторы и конденсаторы.

### Задачи дисциплины

- изучить традиционные и современные методы физико-химических исследований применительно к технологиям водородной и электрохимической энергетики;
- освоить методы проведения научных исследований в области водородной и электрохимической энергетики, использовать освоенные физико-химические методы для создания новых элементов электрохимических устройств (электроды-катализаторы, мембраны и диафрагмы), понимать тенденции развития и новые возможности современных методов исследования с использованием последних науки и техники.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-4 Способен к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их элементов	ИД-2 <sub>ПК-4</sub> анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	знать: - методы характеристики катализаторов, электродов и других элементов электрохимических устройства преобразования энергии; - основные закономерности классических и новых физико-химических методов исследований (электрохимических, спектральных, термографических и хроматографических) применительно в технологиям водородной и электрохимической энергетики;  уметь: - анализировать и использовать на практике результаты исследований, давать рекомендации по улучшению параметров исследуемых устройств; - проводить исследования процессов и материалов в электрохимических устройствах преобразования энергии (топливные элементы, электролизеры, аккумуляторы).
ПК-4 Способен к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их элементов	ИД-3 <sub>ПК-4</sub> выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок	знать: - возможности доступа и анализа информационных научных ресурсов (научные журналы, патенты, книги).  уметь: - использовать информационные мировые ресурсы (научные журналы,

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
	водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями	патенты, книги) для выполнения исследований на современном уровне.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать фундаментальные представления о физико-химических процессах
- знать использовать данные знания в термодинамических расчетах
- знать теоретические основы химических источников тока
- уметь выполнять термодинамические расчеты физико-химических процессов теплоэнергетики и теплотехники
- уметь выполнять расчет кинетических характеристик процессов для выбора оптимальных параметров работы теплоэнергетических и теплотехнических систем

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек	29	7	9	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение</p>
1.1	Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек	29		9	4	2	-	-	-	-	-	14	-	

														дополнительного материала по разделу "Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 7-73, 98-131 [2], стр. 25 [4], стр. 240-246
2	Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.	36	10	4	4	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии." материалу.	
2.1	Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.	36	10	4	4	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 20-42, 160-175, 185-211 [3], стр. 19	

3	Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.	35		7	4	6	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред." материалу.
3.1	Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.	35		7	4	6	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 131-153, 175-185
4	Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки	26		6	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки" материалу.
4.1	Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной	26		6	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Физико-химические свойства водорода и методы его

	ячейки												контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 20-42 [2], стр.6
	Зачет с оценкой	18.00	-	-	-	-	-	-	-	0.30	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.00</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	<b>0.30</b>	<b>62</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.00</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	<b>0.30</b>	<b>62</b>	<b>17.7</b>	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа.

##### Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек

#### 1.1. Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа.

Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек

Вводная лекция по специальности с обоснованием места изучаемой дисциплины в общем учебном плане подготовки бакалавров. Физико-химические методы. Объекты исследований и классификация методов. Электрохимическая система. Электродный потенциал. Электрохимические ячейки. Электроды: индикаторные и сравнения. Водородная шкала потенциалов. Хлорсеребряный, каломельный, окисно-ртутный электроды сравнения. Методическое обеспечение электрохимических измерений. Равновесные электрохимические методы исследования. Уравнение Нернста. Потенциометрия. рН-метрия. Стекланный электрод. Ионоселективные электроды. Метод градуировочного графика. Метод стандартных добавок. Изопотенциальная точка. Газочувствительные электроды. Ферментные электроды. Неравновесные электрохимические методы исследования. Вольтамперометрия. Шкала потенциалов восстановления ионов. Индикаторные электроды для определения ионов в катодной и анодной области потенциалов. Ртутный электрод. Полярография. Платиновый и стеклоуглеродный электроды. Методы разделения фарадеевского и емкостного токов. Инверсионная вольтамперометрия. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек. Основные положения термодинамики и кинетики электрохимических систем. Вольтамперная характеристика (ВАХ). Анализ работы топливного элемента по вольтамперной характеристике. Виды поляризации. Измерение потенциалов и омических потерь в мембрано-электродном блоке. Влияние парциального давления кислорода и «crossover» эффекта ВАХ топливного элемента. Определение режима максимальной мощности ТЭ. Тестовые станции ТЭ. Исследование составляющих напряжения электролизной ячейки. Определение тока обмена электрода по ВАХ. Определение контактного сопротивления на границе электрод-диафрагма (мембрана) электрохимического элемента. Определение активной поверхности катализаторов электрохимическими методами. Удельная поверхность. Фактор шероховатости. Методы исследования полимерных мембран..

#### 2. Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.

2.1. Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.

Закономерности процессов массообмена и кинетики на обтекаемых электродах. Дисковый вращающийся электрод (ВДЭ). Уравнение Левича. Использование ВДЭ для определения лимитирующей стадии и кинетических параметров электрохимической реакции. Дисковый вращающийся электрод с кольцом. Электрохимическая импедансная спектроскопия (ЭИС). Эквивалентная схема замещения электрохимической ячейки. Импеданс и годограф импеданса. Диффузионный импеданс Варбурга. Определение составляющих напряжения топливного элемента с использованием ЭИС. Основные характеристики пористых материалов и методы их определения. Экспрессные методы определения характеристик пористых электродов. Методы порометрии. Классификация методов порометрии и диапазоны их применимости. Метод ртутной порометрии. Метод эталонной контактной порометрии. Метод низкотемпературной адсорбции азота (метод БЭТ). Изотерма БЭТ. Микроскопия. Классификация и диапазоны применимости. Оптическая микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Просвечивающая микроскопия. Сканирующая атомно-силовая и туннельная микроскопия..

### 3. Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.

3.1. Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.

Элементный анализ поверхности. Элементный анализ объемного состава жидкой и твердой фаз. Фазовый анализ. Спектрофотометрия. Атомно-абсорбционная спектрометрия. Люминесцентный метод анализа. Дифрактометрия. Хроматографические методы. Классификация видов хроматографии. Термогравитометрия. Термический гравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальный термический анализ (ДТА).

### 4. Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки

4.1. Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки

Физико-химические свойства водорода. Свойства водорода на восстановителя и как топлива. Методы контроля концентрации водорода (диффузионные, термохимические, термокондуктометрические. Вольтамперная характеристика топливного элемента и электролизной ячейки. Определение составляющих напряжения. Тестовые ячейки и методы измерений. Тестовые станции. Потенциостаты..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Изучение физико-химических методов исследования на примере разбора и обсуждения научных статей из ведущих научных журналах по теме специальности. Студенты по согласованию с преподавателями выбирают научную статью, переводят ее с английского, делают презентацию, в которой разбирают используемые физико-химические методов методы исследования, предложенные авторами статьи. В качестве источника информации – необходимо использовать ведущие научные журналы на английском языке, выбранные на портале [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) International Journal of Hydrogen Energy, Journal of Power Sources, Electrochimica Acta Electrochemistry Communications

Для подготовки доклада выделяется время, запанированное на самостоятельную подготовку, а также время практических занятий для доклада и публичного обсуждения из расчета 1 час на одну студенческую презентацию (доклад и обсуждение)..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Лабораторная работа №7 [4, С. 6–15] Определение активной поверхности электродов-катализаторов электрохимическими методами;
2. Лабораторная работа №2 [2, С.25-36] Исследование вольтамперной характеристики водород-воздушного топливного элемента;
3. Лабораторная работа №3 [2, стр. 25–36] (4 часа) Исследование физико-химических показателей водных технологических сред.

### **3.5 Консультации**

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Спектральные и хроматографические методы. Термогравиметрия. Исследование водных технологических сред."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
основные закономерности классических и новых физико-химических методов исследований (электрохимических, спектральных, термографических и хроматографических) применительно в технологиям водородной и электрохимической энергетики;	ИД-2ПК-4	+				Тестирование/Термодинамика топливного элемента
методы характеристики катализаторов, электродов и других элементов электрохимических устройства преобразования энергии	ИД-2ПК-4		+			Тестирование/Электроды сравнения, электродные потенциалы
возможности доступа и анализа информационных научных ресурсов (научные журналы, патенты, книги)	ИД-3ПК-4				+	Реферат/Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов
<b>Уметь:</b>						
проводить исследования процессов и материалов в электрохимических устройствах преобразования энергии (топливные элементы, электролизеры, аккумуляторы)	ИД-2ПК-4			+		Дискуссия/Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред"
анализировать и использовать на практике результаты исследований, давать рекомендации по улучшению параметров исследуемых устройств	ИД-2ПК-4			+		Дискуссия/Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред"
использовать информационные мировые ресурсы (научные журналы, патенты, книги) для выполнения исследований на современном уровне	ИД-3ПК-4				+	Реферат/Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. Термодинамика топливного элемента (Тестирование)
2. Электроды сравнения, электродные потенциалы (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред" (Дискуссия)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №7)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Нефедкин, С. И. Физико-химические методы исследований в технологиях водородной и электрохимической энергетики. Курс лекций : учебное пособие по курсу "Физико-химические методы исследований в технологиях водородной и электрохимической энергетики" по направлению "Теплоэнергетика" / С. И. Нефедкин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 216 с. - ISBN 978-5-383-00282-7 .;
2. Нефедкин, С. И. Физико-химические методы исследований. Лабораторные работы N 1-6: Лабораторный практикум : учебное пособие по курсу "Физико-химические методы исследований в технологиях водородной энергетики" по направлению "Теплоэнергетика" / С. И. Нефедкин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 78 с. - ISBN 978-5-383-00159-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=384;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=384)
3. Нефедкин, С. И. Физико-химические методы получения и исследования дисперсных сред и наноматериалов : лабораторные работы № 1-6 : лабораторный практикум / С. И. Нефедкин, М. А. Климова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 96 с. - ISBN 978-5-7046-2134-8 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10863;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10863)

4. Коровин Н. В., Кулешов Н. В., Гончарук О. Н., Камышова В. К., Ланская И. И., Мясникова Н. В., Осина М. А., Удрис Е. Я., Яштулов Н. А.- "Общая химия. Теория и задачи", (5-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (492 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/158949>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-301а, Научно-образовательная лаборатория "Водородная энергетика и электрохимические технологии"	рабочее место сотрудника, стул, стол письменный, оборудование для экспериментов, оборудование учебное, компьютер персональный, принтер, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	А-324, Научно-образовательная лаборатория "Водородная энергетика и электрохимические технологии"	стол, стул, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, тумба, компьютер персональный, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, стенд лабораторный
Учебные аудитории для проведения	А-409, Учебная аудитория каф. "ХиЭЭ"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая,

промежуточной аттестации		мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы	А-413/3, Компьютерный класс каф. "ХиЭЭ"	рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, ноутбук, компьютер персональный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Физико-химические методы исследования

(название дисциплины)

## 7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Термодинамика топливного элемента (Тестирование)

КМ-2 Электроды сравнения, электродные потенциалы (Тестирование)

КМ-3 Защита лабораторной работы "Исследование физико-химических показателей водных технологических сред" (Дискуссия)

КМ-4 Поиск источников по базам данных Интернет-ресурсов (Реферат)

## Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек					
1.1	Равновесные и неравновесные электрохимические методы анализа. Электрохимические методы исследования топливных элементов и электролизных ячеек		+			
2	Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.					
2.1	Электрохимические методы исследования. Методы исследования пористых и дисперсных элементов. Методы микроскопии.			+		
3	Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.					
3.1	Спектральные и хроматографические методы. Термогравитометрия. Исследование водных технологических сред.				+	
4	Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки					
4.1	Физико-химические свойства водорода и методы его контроля. Исследование работы топливного элемента и электролизной ячейки					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25