

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям
_____ О.И. Брок
13 мая 2021 г.
Регистрационный № УД-9691/уч.



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1 – 31 05 03 Химия высоких энергий

2021 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 03-2013, учебного плана №G31-146/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А. А. Савицкий, доцент кафедры физической химии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Клындюк А.И. , доцент кафедры физической, коллоидной и аналитической химии БГТУ, кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физической химии
(протокол № 7 от 24 марта 2021 г.);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 4 от 29 марта 2021г.)

Зав. кафедрой

Блохин А.В.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель данной учебной дисциплины — раскрыть физический смысл и принципы прямого преобразования химической энергии в электрическую, научить студентов видеть области применения электрохимических преобразователей, их принципиальные возможности при решении конкретных научных и технологических проблем.

Задачи данной учебной дисциплины:

- ознакомить студентов с основными тенденциями развития энергетики будущего, принципами конструирования и использования электрохимических ячеек для холодного окисления водорода, способами получения, транспортировки и хранения водорода;
- сформировать навыки самостоятельной работы с учебной и специальной литературой, проведения химического эксперимента, умения обобщать и обсуждать экспериментальные результаты;
- научить студентов анализировать научную и техническую информацию по проблемам водородной энергетики, проводить расчеты физико-химических параметров различных электрохимических устройств (топливных элементов, электролизеров, сенсоров); конструировать макетные варианты различных исследовательских электрохимических систем.

Учебная дисциплина относится к циклу специальных дисциплин (дисциплины по выбору студента) компонента учреждения высшего образования.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Физико-химические основы водородной энергетики» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение жизни.

социально-личностные компетенции:

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии, экологии и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование, принимать участие в подготовке отчетов и публикаций.

ПК-5. Формулировать и решать задачи, возникающие в процессе производственно-технологической деятельности.

ПК-6. Анализировать параметры технологических режимов и технического состояния оборудования, выявлять причины не оптимальности технологических процессов и разрабатывать пути их устранения.

ПК-9. Анализировать научную, научно-техническую, нормативную и справочную литературу, включая электронные базы данных.

ПК-16. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять их на них.

ПК-17. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- принципы конструирования и использования электрохимических ячеек для холодного окисления водорода;
- основные тенденции развития энергетики будущего;
- способы получения, транспортировки и хранения водорода.

уметь:

- анализировать научную и техническую информацию по проблемам водородной энергетики;
- проводить расчеты физикохимических параметров различных электрохимических устройств (топливных элементов, электролизеров, сенсоров);
- конструировать макетные варианты различных исследовательских электрохимических систем.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 6 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Физико-химические основы водородной энергетики» отведено:

– для очной формы получения высшего образования– 50 часов, в том числе 34 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, семинарские занятия - 10 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Электроэнергетическая система будущего.

Тема 1.1. Введение.

Тенденции и проблемы энергетики в XXI веке. Шестой технологический уклад. Глобальный научно-технологический переворот XXI столетия.

Тема 1.2. Энергетика будущего.

Место водородной энергетики в общем производстве энергии. Стратегия перехода к водородной энергетике. Себестоимость производства электроэнергии. Схема электроэнергетической системы будущего.

Тема 1.3. Возобновляемые источники энергии.

Первичные источники энергии. Солнечная и ветроэнергетика. Новые типы электрохимических накопителей. Редокс батареи различного типа. Ионисторы. Возобновляемые источники энергии. Не возобновляемые источники энергии. Традиционные источники энергии. Нетрадиционные источники энергии.

Раздел 2. Водородная энергетика.

Тема 2.1. Структура топливного баланса.

Эмпирический закон Хубберта. Расчетный сценарий добычи нефти и не возобновляемых источников энергии на период до 2050 года. Альтернативные виды топлива. Методы его получения. Синтез-газ. Биогаз. Метанол. Диметиловый эфир. Моторное топливо (бензин, дизельное топливо). Лэндфилл-газ. Биоэтанол. Биодизель. Синтетическое топливо. Синтетическое топливо (технология Фишера-Тропша). Гидрат метана. Водород как эффективный энергоноситель. Методы получения, накопления, хранения и транспортировки водорода. Аммиак, как источник и хранилище водорода.

Тема 2.2. Атомно-водородная энергетика.

Ресурсная база ядерной энергетики. Высокотемпературная атомная энергетика. Реакторы ВТГР.

Взаимопроникновение водородных и атомных технологий. Атомно-водородная энергетика. Технологии электрохимического преобразования энергии и распределительной генерации.

Тема 2.3. Топливные элементы.

Энергоустановки на ТЭ (топливных элементах). Основные области применения энергоустановок на ТЭ. Системы «электролизер-ЭХГ(электрохимический генератор)». Термодинамические аспекты гальванического элемента - ТЭ. Электрохимическая кинетика ТЭ. Проблемы тепломассопереноса в ТЭ. Аспекты электрокатализа (NEMCA-эффект).

Типы топливных элементов. Планарные и трубчатые конструкции ТЭ. Биполярные пластины и принципы их конструирования.

Электроды и электродные материалы для ТЭ. Использование нанотехнологий при создании ТЭ. Твердотельные накопители водорода (сплавы АВ5, боргидрид натрия, гидриды легких металлов, фуллерены, нанотрубки).

Электролиты, применяемые в ТЭ (кислотные, щелочные, расплавно-карбонатные). Твердые электролиты (высокотемпературные оксидные, низкотемпературные протонообменные материалы, ПОМ типа Нафион).

Тема 2.4. Новые энергетические проекты.

От водородной энергетики к водородной экономике. Водородные автострады и заправочные. Международный водородный клуб. Молодежный водородный клуб. Водородный всеобуч (МИРЭА). Журналы «Водородный всеобуч» и «Евролидер». Научно-инновационный конкурс «Новая энергия молодых». Информационное агентство «Auto-H2». Сетевой журнал «Водородная экономика». Клубная газета «Водородоворот».

**Учебно-методическая карта учебной дисциплины
Дневная форма получения образования**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Формы контроля знаний
		лекции	Семинарские занятия	лабораторные занятия	Количество часов УСП			
1	2	3	4	5	6			9
1	Электроэнергетическая система будущего.	2						
1.1	Введение. Тенденции и проблемы энергетики в XXI веке. Шестой технологический уклад. Глобальный научно-технологический переворот XXI столетия.							
1.2	Энергетика будущего. Место водородной энергетики в общем производстве энергии. Стратегия перехода к водородной энергетике. Себестоимость производства электроэнергии. Схема электроэнергетической системы будущего.							
1.3	Возобновляемые источники энергии.	2	2		1			

2	Водородная энергетика.							
2.1	Первичные источники энергии. Солнечная и ветроэнергетика. Новые типы электрохимических накопителей. Редокс батареи различного типа. Ионисторы. Возобновляемые источники энергии. Не возобновляемые источники энергии. Традиционные источники энергии. Нетрадиционные источники энергии.							
2.1	Структура топливного баланса.	2	2					
	Эмпирический закон Хубберта. Расчетный сценарий добычи нефти и не возобновляемых источников энергии на период до 2050 года. Альтернативные виды топлива. Методы его получения. Синтез-газ. Биогаз. Метанол. Диметиловый эфир. Моторное топливо (бензин, дизельное топливо). Лэндфилл-газ. Биоэтанол. Биодизель. Синтетическое топливо. Синтетическое топливо (технология Фишера-Тропша). Гидрат метана.							Коллоквиум 25%
	Водород как эффективный энергоноситель. Методы получения, накопления, хранения и транспортировки водорода. Аммиак, как источник и хранилище водорода.	2			1			письменные тестовые задания 25%

2.2	Атомно-водородная энергетика.	2			1			Коллоквиум 25%
	Ресурсная база ядерной энергетики. Высокотемпературная атомная энергетика. Реакторы ВТГР. Взаимопроникновение водородных и атомных технологий. Атомно-водородная энергетика. Технологии электрохимического преобразования энергии и распределительной генерации.							
2.3	Топливные элементы.	2	2		1			
	Энергоустановки на ТЭ (топливных элементах). Основные области применения энергоустановок на ТЭ. Системы «электролизер- ЭХГ(электрохимический генератор)». Термодинамические аспекты гальванического элемента - ТЭ. Электрохимическая кинетика ТЭ. Проблемы тепломассопереноса в ТЭ. Аспекты электрокатализа (NEMCA-эффект).		2					Реферат 25%
	Типы топливных элементов. Планарные и трубчатые конструкции ТЭ. Биполярные пластины и принципы их конструирования.	2						

	<p>Электроды и электродные материалы для ТЭ.</p> <p>Использование нанотехнологий при создании ТЭ.</p> <p>Твердотельные накопители водорода (сплавы АВ5, боргидрид натрия, гидриды легких металлов, фуллерены, нанотрубки).</p>	2						
	<p>Электролиты, применяемые в ТЭ (кислотные, щелочные, расплавно-карбонатные). Твердые электролиты (высокотемпературные оксидные, низкотемпературные протонообменные материалы, ПОМ типа Нафийон).</p>	2	2					
2.4	Новые энергетические проекты.	2						
	<p>От водородной энергетики к водородной экономике.</p> <p>Водородные автострады и заправочные.</p> <p>Международный водородный клуб. Молодежный водородный клуб. Водородный всеобуч (МИРЭА).</p> <p>Журналы «Водородный всеобуч» и «Евролидер».</p> <p>Научно-инновационный конкурс «Новая энергия молодых». Информационное агентство «Auto-H2».</p> <p>Сетевой журнал «Водородная экономика». Клубная газета «Водородоворот».</p>							

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Фильштих В. Топливные элементы. – М.: Мир, 1968.
2. Базаров И.П. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1991.
3. Шпильрайн Э.Э. Введение в водородную энергетику. – М. Энергоатомиздат, 1984. – 264 с.
4. [www//data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf](http://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf).
5. [//www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH Docs/M. Tengler_ppt \(ID 10183472\).pdf](http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH_Docs/M._Tengler_ppt_(ID_10183472).pdf).
6. [//www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/hydrogen_seminar/presentations/12_odabashian_armenia.pdf](http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/hydrogen_seminar/presentations/12_odabashian_armenia.pdf).

Перечень дополнительной литературы

1. Феттер К. Электрохимическая кинетика. – М.:Химия, 1967.
2. Варшавский И.Л. Энергоаккумулирующие вещества и некоторые принципы их использования для транспорта, энергетики и промышленности. М.: Наука, 1970.
3. Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике. – М.: Институт экономических стратегий, 2007.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

В качестве формы итогового контроля по учебной дисциплине рекомендован зачет.

Для текущего оценки достижений и контроля качества усвоения знаний студентами используется следующий диагностический инструментарий:

- устный опрос;
- отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой;
- письменные тестовые задания;
- проведение коллоквиума;
- сдача зачета по учебной дисциплине.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

При изучении учебной дисциплины самостоятельная работа на аудиторных занятиях предусматривает выполнение типовых расчетных заданий с консультациями преподавателя. Внеаудиторная работа предполагает самостоятельную работу с учебниками, учебными и учебно-методическими пособиями, материалами научных публикаций по изучаемым темам учебной дисциплины, а также подготовку к семинарским и практическим занятиям по предложенным преподавателем вопросам, выполнение домашних заданий, решение расчетных задач.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

- Возобновляемые источники энергии (1 час, устные ответы на вопросы).
- Водород как эффективный энергоноситель (1 час, решение задач).
- Атомно-водородная энергетика (1 час, устные ответы на вопросы).
- Топливные элементы (1 час, работа с литературой).

Примерная тематика семинарских занятий

1. Термодинамика гальванического элемента.
2. Основные понятия электрохимической кинетики.
3. Электролиты и электроды для топливных элементов.
4. Применение достижений нанотехнологии в водородной энергетике.
5. Современные и перспективные методы накопления электрической энергии.

Темы реферативных работ

1. Структура энергетической системы будущего.
2. Новые возобновляемые источники энергии.
3. Электрохимические накопители энергии.
4. Методы производства, накопления и транспортировки водорода.
5. Топливные элементы – классификация, устройство и принципы работы.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

Метод группового обучения

Используется метод группового обучения, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

1. Презентации по темам размещаются на электронной платформе Moodle.
2. Работа с литературными источниками.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Альтернативные виды топлива. Методы его получения. Синтез-газ. Биогаз. Метанол. Диметиловый эфир. Моторное топливо (бензин, дизельное топливо). Лэндфилл-газ. Биоэтанол. Биодизель. Синтетическое топливо.
2. Синтетическое топливо (технология Фишера-Тропша). Гидрат метана. Водород как эффективный энергоноситель. Методы получения, накопления, хранения и транспортировки водорода. Аммиак, как источник и хранилище водорода.
3. Ресурсная база ядерной энергетики. Высокотемпературная атомная энергетика. Реакторы ВТГР. Взаимопроникновение водородных и атомных технологий. Атомно-водородная энергетика.
4. Технологии электрохимического преобразования энергии и распределительной генерации.

5. Энергоустановки на ТЭ (топливных элементах). Основные области применения энергоустановок на ТЭ. Системы «электролизер-ЭХГ (электрохимический генератор)».
6. Термодинамические аспекты гальванического элемента - ТЭ.
7. Электрохимическая кинетика ТЭ. Проблемы тепломассопереноса в ТЭ.
8. Аспекты электрокатализа (NEMCA-эффект).
9. Типы топливных элементов. Планарные и трубчатые конструкции ТЭ.
10. Биполярные пластины и принципы их конструирования.
11. Электроды и электродные материалы для ТЭ.
12. Использование нанотехнологий при создании ТЭ.
13. Твердотельные накопители водорода (сплавы AB₅, боргидрид натрия, гидриды легких металлов, фуллерены, нанотрубки).
14. Электролиты, применяемые в ТЭ (кислотные, щелочные, расплавно-карбонатные).
15. Твердые электролиты (высокотемпературные оксидные, низкотемпературные протонообменные материалы, ПОМ типа Нафион).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)*
Электрохимия	Кафедра электрохимии	нет	протокол № 7 от 24 марта 2021 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
НА _____ / _____ УЧЕБНЫЙ ГОД

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры физической химии (протокол № _____ от _____ 202__ г.)

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор
(степень, звание)

(подпись)

А.В. Блохин

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
д.х.н., профессор
(степень, звание)

(подпись)

Д.В. Свиридов