

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

Факультет химический

Кафедра неорганической химии

---

**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

**Программа дисциплины**  
(Стандарт СД-ОПД)

Екатеринбург  
2008

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель ИОНЦ «\_\_\_\_\_»

\_\_\_\_\_ Черепанов В.А.

«\_\_\_\_\_» ноября 2008 г

Программа дисциплины «Материалы для водородной энергетики» составлена в соответствии с требованиями федерального компонента к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки:

бакалавра по направлению 510500 «Химия»

по циклу спецдисциплин государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Семестр - 8

Общая трудоемкость дисциплины 58 часов, в том числе:

Лекций 36 часов

Самостоятельная работа 22 часа

Контрольные мероприятия:

Рефераты \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_

Коллоквиумы \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Контрольные работы \_\_\_\_\_

Другие \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Авторы:

Анимица И.Е., к.х.н., доцент кафедры неорганической химии УрГУ

Кочетова Н.А., к.х.н., доцент кафедры неорганической химии УрГУ

Нейман А.Я., д.х.н., профессор кафедры неорганической химии УрГУ

Рекомендовано к печати протоколом заседания

Экспертно-конкурсной комиссии ИОНЦ «Нанотехнологии и перспективные материалы»

от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_.

Согласовано:

Зав. кафедрой неорганической химии \_\_\_\_\_ Нейман А.Я.

«\_\_\_\_\_» ноября 2008 г.

© Уральский государственный университет

© Анимица И.Е., Кочетова Н.А., Нейман А.Я., 2008

## СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

### I. Введение

#### 1. *Цель дисциплины*

Целью курса «Материалы для водородной энергетики» является ознакомление с концепцией водородной энергетики и ее структурой, основная детализация курса направлена на проблемы материаловедческого характера, а именно, использование различных материалов для получения, хранения водорода, его потребления в топливных элементах для получения энергии, основной акцент сделан на использование материалов в наноразмерном состоянии.

#### 2. *Задачи дисциплины*

Научить студентов самостоятельно прогнозировать возможность формирование целевых свойств, исходя из знаний строения и структурных особенностей соединения. Показать единство методологических подходов, используемых современной наукой, для описания и анализа транспортных свойств твердых тел ионной и электронной природы. Сформировать основные представления о принципах работы различных электрохимических устройств.

#### 3. *Место дисциплины в системе высшего профессионального образования*

(какие дисциплины используются в качестве основы для данной и в каких находит применение эта дисциплина)

В основе данного курса лежат как прикладные, так и фундаментальные вопросы неорганической, органической, физической химии и химии твердого тела.

Требования к уровню освоения содержания курса (приобретаемые компетенции, знания, умения, навыки).

В результате освоения курса студенты приобретают знания о физико-химических основах формирования целевых свойств современных функциональных материалов: твердых электролитов и смешанных проводников, протонных проводников, катализаторов, керметов.

4. Методическая новизна курса (новые методики, формы работы, авторские приемы в преподавании)

В лекционном курсе впервые обобщены и систематизированы знания по различным материалам, используемых для нужд водородной энергетики, в том числе в наноразмерном состоянии.

## **II. Содержание курса**

Введение

### **1. КОНЦЕПЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

#### **1.1. Историческая справка**

1.2. Основные причины, которые привели к необходимости поиска новых экологически чистых энергоносителей

*1.2.1. Энергетическая безопасность*

*1.2.2. Экология*

*1.2.3. Социальный аспект*

1.3. Коммерциализация водородной экономики

1.4. Национальные водородные программы

### **2. ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА**

2.1. Основные физико-химические свойства водорода

2.2. Производство водорода и структура его потребления

2.3. Методы получения водорода

*2.3.1. Электролиз воды*

*2.3.2. Паровая конверсия метана*

*2.3.3. Парциальное окисление метана*

*2.3.4. Газификация угля*

*2.3.5. Альтернативные методы получения водорода*

*2.3.6. Получение водорода в твердотельных электрохимических устройствах*

### **3. ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА. ВОДОРОДАККУМУЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**

### 3.1. Адсорбционные методы хранения водорода

*3.1.1. Углеродные нановолокна*

*3.1.2. Углеродные нанотрубки*

*3.1.3. Кристаллические микропористые металлоорганические каркасы*

### 3.2. Химические методы хранения водорода

*3.3.1. Материалы для хранения водорода*

*3.2.2. Металлогидриды как среда хранения водорода*

## 4. ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

4.1. Перспективы и проблемы развития топливных элементов

4.2. Основные принципы работы топливных элементов

4.3. Типы топливных элементов

4.4. Мембранно-электродные блоки топливных элементов

## 5. ПРОТОННЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

5.1. Общие сведения о протонных проводниках

*5.1.2. Классификации протонных проводников*

*5.1.2. Механизмы протонного транспорта*

5.2. Высокотемпературные протонные проводники

*5.2.1. История открытия высокотемпературной протонной проводимости*

*5.2.2. Механизм миграции протонов в высокотемпературных протонных проводниках*

*5.2.3. Транспортные характеристики высокотемпературных протонных проводников с примесным разупорядочением структурным разупорядочением кислородной подрешетки*

*5.2.4. Высокотемпературные протонные проводники со структурным разупорядочением кислородной подрешетки*

*5.2.4.1. Внедрение воды в структурно разупорядоченные ниобаты и танталаты щелочноземельных металлов*

*5.2.4.2. Электрические свойства*

*5.2.4.3. Состояние кислородно-водородных группировок в гидратированных кислород- дефицитных сложных оксидах*

*5.3. Низкотемпературные протонные электролиты*

*5.3.1. Суперпротонные электролиты*

*5.3.1.1. Композитный эффект (общие положения)*

*5.3.1.2. Протонные композитные электролиты  $(1-x)\text{CsHSO}_4-x\text{SiO}_2$*

*5.3.1.3. Влияние природы высокодисперсного оксида на проводимость композитов*

*5.3.1.4. Мезопористые композиты*

*5.3.2. Твердые полимерные электролиты*

*5.3.2.1. Мембраны на основе сульфированных полимеров*

*5.3.2.2. Композитные материалы на основе полимерных электролитов*

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Темы рефератов по курсу «Материалы для водородной энергетики»**

1. Применение высокотемпературных протонных электролитов в электрохимических устройствах.
2. Применение оксидных материалов в наноразмерном состоянии для нужд водородной энергетики.
3. Применение металлов и интерметаллидов для нужд водородной энергетики.

### **Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы**

1. Способы получения высокотемпературных протонных электролитов, солевых, полимерных систем
2. Приготовление композитов и нано-композитов.
3. Способы образования протонированных структур для различных классов протоников.
4. Реализация концепции водородной энергетики в России.

## **Примерный перечень вопросов к экзамену (зачету)**

### **Билет №1**

1. Концепция водородной энергетики. Причины и необходимость развития концепции водородной энергетики. Энергетическая безопасность. Экологический кризис. Социальный аспект.

2. Твердые протонные электролиты на основе композитных полимерных материалы. Общая характеристика. Физико-химические свойства.

### **Билет №2**

1. Структура водородной энергетики.

2. Твердые протонообменные полимерные электролиты. Механизмы протонного транспорта. Примеры. Коммерческие мембраны. Устройства на их основе.

### **Билет №3**

1. Коммерциализация водородной экономики.

2. Мезопористые композиты, методы получения. Структура, свойства, применение.

### **Билет №4**

1. Национальные водородные программы.

2. Протонные композитные электролиты. Методы получения, характеристика солевых систем и дисперсных добавок. Свойства и применение.

### III. Распределение часов курса по темам и видам работ

№ п/п	Тема, раздел	Учебный план, часов			
		Аудиторные занятия		Самостоя- тельная работа	Итого по темам
		лекции	практи- ческие		
1.	Концепция водородной энергетики. Причины и необходимость развития концепции водородной энергетики. Энергетическая безопасность. Экологический кризис. Социальный аспект. Структура водородной энергетики. Коммерциализация водородной экономики. Национальные водородные программы.	6		2	8
2.	Получение водорода. Основные физико-химические свойства водорода. Производство водорода и структура его потребления. Методы получения водорода. Электролиз воды. Получение водорода из природных органических топлив. Получения водорода в твердотельных электрохимических устройствах. Другие методы получения водорода.	6		2	8
3.	Хранение водорода. Водород-аккумулирующие материалы. Адсорбционные методы хранения водорода Углеродные нановолокна. Углеродные нанотрубки. Кристаллические микропористые металл-органические каркасы. Химические методы хранения водорода. Общие сведения о материалы для химического метода хранения водорода. Металлогидриды как среда хранения водорода. Реферат	6		4	10



4.	Топливные элементы. Мировой рынок топливных элементов. Типы топливных элементов. Области применения ТЭ. Основные принципы работы ТЭ. Материалы для ТЭ.	2			2
5.	Протонные электролиты Общие сведения о протонных электролитах Классификации протонных проводников Механизмы протонного транспорта	2		4	6
6.	Высокотемпературные протонные проводники Механизм миграции протонов в высокотемпературных протонных проводниках Транспортные характеристики высокотемпературных протонных проводников с примесным разупорядочением Транспортные характеристики высокотемпературных протонных проводников со структурным разупорядочением. Реферат	6		4	10
7.	Низкотемпературные протонные электролиты. Суперпротонные электролиты. Композитный эффект. Протонные композитные электролиты. Мезопористые композиты. Твердые полимерные электролиты. Композитные материалы на основе полимерных электролитов.	6		4	10
8.	Заключение. Реферат	2		2	4
	<i>Всего</i>	<b>36</b>		<b>22</b>	<b>58</b>

#### IV. Форма итогового контроля

**Экзамен**

## V. Учебно-методическое обеспечение курса

### 1. Рекомендуемая литература

1. Бокштейн Б.С., Ярославцев А.Б. Диффузия атомов и ионов в твердых телах. М. МИСИС. 2005.- 362 с.
2. Уч. Пособие «Водородная энергетика будущего и металлы платиновой группы в странах СНГ». М., МИРЭА, 2004, стр.48-65.
3. Рос.хим.ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева) 2006, т.L, №6.
4. Водородная энергетика будущего и металлы платиновой группы в странах СНГ. Учебное пособие для студентов кафедры «Информатизация журналистики». Составители В.В. Шинкаренко, А.А. Евдокимов, В.О. Квитковский. М., МИРЭА, 2004.
5. Платиновые металлы и водородная энергетика в странах СНГ. Москва. МИРЭА. 2004. с.105-121.
6. Энергия будущего. Бестселлер для избранных, или учебное пособия по водородной энергетике для подшефных школ МИРЭА. Москва, АСМИ. 2005
7. Г.С.Захарова, В.Л. Волков, В.В.Ивановская, А.Л.Ивановский. Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов металлов. Екатеринбург: УрО РАН. 2005. 240 с.
8. Сергеев Г.Б. Нанохимия. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 288 с.
9. Гусев А.И. Нанометриалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М: ФИЗМТЛИТ, 2005. – 416 с.
10. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.
11. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2005. –336 с.

## VI. Ресурсное обеспечение (если требуется) проектор и ноутбук для мультимедийной презентации лекционного курса.