

Программа утверждена на заседании  
Ученого Совета химического факультета  
МГУ имени М.В.Ломоносова  
Протокол № 4 от 03 июня 2015 г.

### Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Наименование дисциплины (модуля): **Химические проблемы альтернативной энергетики.**

Краткая аннотация:

Курс направлен на формирование фундаментальных знаний в областях химии и материаловедения, связанных с альтернативными энергетическими технологиями. В рамках данной дисциплины будут сформулированы критические направления, определяющие прогресс в области альтернативной энергетики, и обозначены ключевые химические и материаловедческие проблемы и возможные подходы к их решению.

2. Уровень высшего образования– подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки.

Направленность программы Неорганическая химия, Химия твердого тела и Физическая химия.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП:

Вариативная часть ООП, тип дисциплины «д» - дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных (электив) и не обязательно в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 2 или 3 года обучения, во 3 или 4 семестре (по выбору аспиранта), предпочтительно – 4 семестр.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| <b>Формируемые компетенции<br/>(код компетенции)</b>   | <b>Планируемые результаты обучения по дисциплине<br/>(модулю)</b>   |
|--|---|
| УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | В1 (УК-1) Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях |

|   |   |
|---|---|
| УК-2 способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки   | 31 (УК-2) <b>Знать</b> методы научно-исследовательской деятельности   |
| ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий  | У1 (ОПК-1) <b>Уметь</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования   |
| ПК-1 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.01 Неорганическая химия | 37 (ПК-1) <b>Знать</b> современные методы синтетической неорганической химии, их фундаментальные основы и способы реализации  |
|   | У5 (ПК-1) <b>Уметь</b> выбирать оптимальные методы и методики синтеза для получения веществ с заданными свойствами, модифицировать методы и методики и разрабатывать новые                        |
| ПК-4 способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.04 Физическая химия     | 31 (ПК-4) <b>Знать</b> современное состояние науки в области физической химии   |
| ПК-16 способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.21 Химия твердого тела | 37 (ПК-16) <b>Знать</b> теоретические основы физико-химических методов, применяемых в химии твердого тела, возможности и ограничения этих методов при решении практических задач материаловедения |

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 18 часов мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 54 часов составляет самостоятельная работа учащегося.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Химическая технология».

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),<br><br>форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего (часы) | В том числе   |                           |                        |                             |  |   |                             |                             |       |
|--|--------------|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------|--|---|-----------------------------|-----------------------------|-------|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы<br>из них |                           |                        |                             |  | Самостоятельная работа обучающегося, часы<br>из них |                             |                             |       |
|  |              | Занятия лекционного типа  | Занятия семинарского типа | Групповые консультации | Индивидуальные консультации | Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации | Всего   | Выполнение домашних заданий | Подготовка рефератов и т.п. | Всего |
| Тема 1 Введение  | 4            | 4   |                           |                        |                             | -  | 4   |                             | -                           |       |
| Тема 2 Солнечная энергетика  | 16           | 6   |                           |                        |                             | 2  | 8   |                             | 8                           | 8     |
| Тема 3 Водородная энергетика   | 24           | 10  |                           |                        |                             | 4  | 14  |                             | 10                          | 10    |

|   |            |           |  |          |  |           |           |  |           |           |
|---|------------|-----------|--|----------|--|-----------|-----------|--|-----------|-----------|
| Тема 4 Химические источники тока и топливные элементы | 18         | 6         |  |          |  | 4         | 10        |  | 8         | 8         |
| Тема 5 Синтетическое топливо                          | 14         | 4         |  |          |  | 2         | 6         |  | 8         | 8         |
| Тема 6 Энергосбережение и энергоэффективность         | 16         | 6         |  |          |  | 2         | 8         |  | 8         | 8         |
| Промежуточная аттестация <u>зачет</u>                 | 16         |           |  | 2        |  | 2         | 4         |  |           | 12        |
| <b>Итого</b>  | <b>108</b> | <b>36</b> |  | <b>2</b> |  | <b>16</b> | <b>54</b> |  | <b>42</b> | <b>54</b> |

*\*Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций*

*\*\* Промежуточная аттестация может проходить как в традиционных форма (зачет, экзамен), так и в иных формах (балльно-рейтинговая система, портфолио и др.)*

#### 9. Образовательные технологии

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных сотрудниками МГУ и Академии наук РФ.

#### 10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

##### **Основная литература**

1. В.Е.Фортов, О.С.Попель. Энергетика в современном мире. Изд-во Интеллект, Долгопрудный, 2011.
2. А.В. да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы. Изд-во Интеллект, Долгопрудный, 2010.
3. Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Изд-во КноРус, Москва, 2012.
4. С.И. Козлов, В.Н. Фатеев. Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы. Изд-во Газпром ВНИИГАЗ, Москва, 2009.
5. Н.В. Коровин, А.М. Скундина. Химические источники тока. Изд-во МЭИ, Москва, 2003.
6. Е.А. Козюков, А.Ю. Крылова. Искусственные горючие газы и жидкие топлива. Изд-во МАИ, Москва, , 2008

## Дополнительная литература

1. Дж.О'М. Бокрис, Т.Н. Везироглу, Д. Смит. Солнечно-водородная энергия. Изд-во МЭИ, Москва, 2002.
2. Н.В. Коровин. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки. Изд-во МЭИ, Москва, 2005.

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:

Клямкин С.Н., д.х.н., доцент, klyamkin@highp.chem.msu.ru

Булычев Б.М., д.х.н., профессор, B.Bulychev@highp.chem.msu.ru

Окунев Б.Н., д.ф.-м.н., доцент, oknhome@rambler.ru

Митрохин С.В., к.х.н., Mitrokhin@hydride.chem.msu.ru

## Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 1.
  2. Вопросы для подготовки к текущей и промежуточной аттестации
- примеры контрольных вопросов:
    1. Примеры фотовольтаических систем и устройств, параметры эффективности.
    2. Каталитические системы для фоторазложения воды.
    3. Промышленные и лабораторные способы получения водорода.
    4. Основные способы хранения водорода, их различия и возможности.
    5. Отличия между гальваническими элементами, аккумуляторами, топливными элементами и суперконденсаторами.
    6. Основные недостатки низко- и высокотемпературных топливных элементов.
    7. Химический состав биогаза и методы разделения компонентов.
    8. Состав синтетического топлива по Фишеру-Тропшу.
    9. Способы улучшения электрофизических свойств меднооксидных сверхпроводников.
    10. Технологии неорганических и органических светодиодов.
  - примеры домашних заданий (темы докладов, рефератов и т.д.):

1. Биохимическое получение водорода: современное состояние и перспективы.
2. Сравнительный экономический анализ альтернативных методов получения водорода.
3. Энергетическая эффективность хранения водорода в сжатом, сжиженном и химически связанном (гидриды) состоянии.
4. Технологии получения солнечного кремния
5. Химические реакции в водородном топливном элементе.
6. Светодиоды на основе органических комплексных соединений (OLED), роль π-π стэкинга.
7. Химические процессы в суперконденсаторах.
8. Принцип работы термоэлектриков и основные характеристики их эффективности.

• Полный перечень вопросов к зачёту:

1. Альтернативная энергетика: современное состояние и основные направления развития. Возобновляемые и невозобновляемые источники энергии
2. Прямое преобразование солнечной энергии в электричество. Фотовольтаика. Фотодиоды на основе кристаллических кремния и арсенида галлия.
3. Полимеры с сопряженной системой связей для фотопреобразователей (OPV или Power Plastic).
4. Перспективные технологии в фотовольтаике: супрамолекулярные системы «светочувствительный элемент-спейсер-коллектор электронов»
5. Преобразование солнечной энергии в тепло. Адсорбционные способы утилизации солнечной энергии.
6. Холодильные машины на основе адсорбционно-десорбционных циклов.
7. Промышленные способы получения водорода: электролиз водных растворов, конверсия природного газа, газификация угля и биоорганического сырья.
8. Фотокаталитическое разложение воды, электрохимический фотолиз. Радиолиз воды, плазмохимические методы, термохимические, термоэлектрохимические и термофотохимические циклы для получения водорода.
9. Методы очистки водорода и его выделения из газовых смесей.
10. Хранение и транспортировка водорода: компрессионные и криогенные методы, адсорбционные методы.
11. Хранение водорода в связанном состоянии, гидриды. Латентное хранение водорода, водородгенерирующие материалы.
12. Перспективы использования водорода как энергоносителя. Водородные топливные элементы.
13. Классификация химических источников тока (ХИТ). Основные процессы, протекающие в ХИТ.
14. Принцип работы и особенности устройства литий-ионных аккумуляторов, материалы для компонентов; применение, преимущества и недостатки.
15. Никель - металлгидридные аккумуляторы, принцип работы и особенности устройства Ni-MH аккумуляторов.
16. Топливные элементы. Классификация по типу ионных проводников. Основные процессы в топливных элементах.

17. Суперконденсаторы, принцип работы и особенности устройства суперконденсаторов. Материалы для компонентов.
18. Классификация топлив, природное и искусственное (синтетическое) топливо.
19. Технологии синтетических топлив. Получение спиртов, эфиров, синтез-газа, реакция Фишера-Тропша.
20. Термоэлектрики. Принципы работы термоэлектриков и материалы, обладающие выраженными термоэлектрическими свойствами (эффекты Пельтье, Зеебека и Томпсона).
21. Сверхпроводники. Теории сверхпроводимости. Типы сверхпроводников: металлы и сплавы, оксидные керамики, пниктиды, бориды, халькогениды.
22. Светодиоды. Неорганические гетероструктуры. Светодиоды на основе органических комплексных соединений (OLED).
23. Новые каталитические технологии переработки природного и синтетического сырья.

### *Примеры ПКЗ.*

#### Задание 1.

Выберите оптимальный метод хранения водорода для питания мобильных топливных элементов малой мощности.

#### Задание 2.

Проанализируйте преимущества и недостатки низкотемпературных и высокотемпературных топливных элементов.

#### Задание 3.

Предложите тип адсорбента для холодильной машины, основанной на преобразовании солнечной энергии

#### ***Основные типы контроля знаний:***

- тестирование;
- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

***Основной тип контроля умений и владений*** - практические контрольные задания (ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

#### *Виды практических контрольных заданий:*

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания;
- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- нахождение ошибок в последовательности (определить правильный вариант последовательности действий);

- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.
- задания на принятие решения в нестандартной ситуации (ситуации выбора, многоальтернативности решений, проблемной ситуации);
- задания на оценку последствий принятых решений;
- задания на оценку эффективности выполнения действия
- т.п.

### **Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Зачет проводится по билетам, включающим 3 вопроса из списка, представленного выше, в зависимости от направленности (профиля) программы (02.00.01 Неорганическая химия, 02.00.03 Физическая химия, 02.00.21 Химия твердого тела). В ходе сдачи зачета проверяется, в первую очередь, формирование «знаниевой» компоненты компетенций, перечисленных в п.5, а также сформированность умений выбирать методы исследования, адекватные поставленной задаче. Уровень знаний оценивается по шкале «зачет» или «незачет». Протокол приема зачета подписывается членами комиссии

Приложение 1

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине Химические проблемы альтернативной энергетики на основе карт компетенций выпускников

| РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)  | КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)<br><i>(критерии и показатели берутся из соответствующих карт компетенций, при этом берутся либо традиционной системой оценивания, либо БРС)</i> |   |   |   |  | ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА (*)  |
|--|---|---|---|---|--|---|
|  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5  |   |
| <i>В1 (УК-1) Владеть</i> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | Отсутствие навыков  | Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач | В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач | Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | ПКЗ на предмет установления последовательности действий при решении поставленной задачи с учетом знаний и навыков, полученных в курсе |
| <i>З1 (УК-2) Знать</i> методы научно-исследовательской деятельности  | Отсутствие знаний   | Фрагментарные представления о методах научно-исследовательской деятельности   | Неполные представления о методах научно-исследовательской деятельности  | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о методах научно-исследовательской деятельности   | Сформированные систематические представления о методах научно-исследовательской деятельности   | Индивидуальное собеседование  |

|   | 1                 | 2  | 3  | 4  | 5  |   |
|---|-------------------|--|--|--|--|---|
| <i>У1 (ОПК-1) Уметь</i><br>выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования                              | Отсутствие умений | Фрагментарное умение подбирать методы для конкретных объектов исследования   | В целом успешное, но не систематическое умение выбирать подходящие методы  | Сформированное умение выбора наиболее информативных методов исследования и методик обработки данных  | Сформированное умение выбирать оптимальные методы для изучения строения и свойств объектов исследования                              | ПКЗ:<br>установление последовательности действий при решении поставленной задачи (описать алгоритм выполнения действия) |
| <i>37 (ПК-1) Знать</i><br>современные методы синтетической неорганической химии, их фундаментальные основы и способы реализации   | Отсутствие знаний | Фрагментарные представления о современных синтетических методах и их научных основах                                     | Содержащие пробелы представления о современных синтетических методах, несистематические знания их фундаментальных основ      | В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о современных синтетических методах, способах их реализации и о их фундаментальных основах | Сформированное систематическое знание современных синтетических методов и способов их реализации, понимание их фундаментальных основ | Индивидуальное собеседование  |
| <i>У5 (ПК-1) Уметь</i><br>выбирать оптимальные методы и методики синтеза для получения веществ с заданными свойствами, модифицировать методы и методики и разрабатывать но- | Отсутствие умений | Фрагментарное умение подбирать методы и методики, отсутствие умения модифицировать их и оптимизировать процедуру синтеза | В целом успешное, но не систематическое умение выбирать оптимальные методики, умение модифицировать их методом проб и ошибок | Сформированное умение выбора оптимальных методов и методик, умение модифицировать методы и методики, но наличие затруднений в разработке новых синте-            | Хорошо развитое умение выбирать, использовать, оптимизировать, модифицировать и разрабатывать новые синтетические методики и методы  | ПКЗ:<br>установление последовательности действий при решении поставленной задачи (описать алгоритм выполнения действия) |

|   |                   |   |  |   |  |                              |
|---|-------------------|---|--|---|--|------------------------------|
| вые   |                   |   |  | тических подходов   |  |                              |
| <i>31 (ПК-4) Знать</i> современное состояние науки в области физической химии   | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания о современном состоянии отдельных областей физической химии  | Частично сформированное, но не систематические знания о современном состоянии отдельных областей физической химии  | В целом успешно сформированное знание о современном состоянии различных областей физической химии   | Сформированное знание о современном состоянии различных областей физической химии  | Устное собеседование         |
| <i>37 (ПК-16) Знать</i> теоретические основы физико-химических методов, применяемых в химии твердого тела, возможности и ограничения этих методов при решении практических задач материаловедения | Отсутствие знаний | Фрагментарные представления о теоретических основах физико-химических методов исследования, об их применимости в материаловедении | Частичные, недостаточно систематизированные представления о теоретических основах физико-химических методов исследования и их возможностях при решении практических задач материаловедения | Систематические, но имеющие некоторые пробелы знания о основах и областях применения физико-химических методов исследования в практическом материаловедении | Полностью сформированные представления о теоретических основах, возможностях и ограничениях физико-химических методов исследования в практическом материаловедении | Индивидуальное собеседование |