

Программа утверждена на заседании  
Ученого Совета химического факультета  
МГУ имени М.В.Ломоносова  
Протокол № 4 от 29 мая 2014 г.

### Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Наименование дисциплины (модуля): СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КОРРОЗИОННЫХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Краткая аннотация: Цель изучения дисциплины "Современные представления о коррозионных и электрохимических процессах при создании и эксплуатации металлических и композиционных материалов" состоит в том, чтобы сформировать у аспирантов знания о термодинамических и кинетических аспектах протекания коррозионных процессов, механизмах различных видов коррозии, способах защиты от нее и контроля за ней, а также умение определять и оценивать скорость коррозионных процессов и подбирать оптимальные способы защиты материалов от коррозионного разрушения. Кроме этого, аспиранты должны также приобрести представления об электрокаталитических процессах, их механизмах, областях их практического применения и способах управления электрокаталитическими реакциями.

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

3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки, направленности: Неорганическая химия, Физическая химия, Химия твердого тела

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок 1 «Дисциплины (модули)».

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-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 | 36 (ПК-1) <b>Знать</b> возможности и ограничения применения электрохимических методов при синтезе и исследовании неорганических веществ и материалов |
| 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     | 33 (ПК-4) <b>Знать</b> возможности и ограничения применения электрохимических методов определения физико-химических свойств систем разной природы    |
| 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) 02.00.04 Физическая химия    | 36 (ПК-16) <b>Знать</b> возможности и ограничения применения электрохимических методов синтеза и исследования в химии твердого тела                  |

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

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 66 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (54 часа занятия лекционного типа, 5 часов групповые консультации, 7 часов мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 42 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

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

В специалитете или бакалавриате и магистратуре должны быть освоены общие курсы: «Математический анализ», «Физика», «Неорганическая химия», «Физическая химия», а также спецкурсы, посвященные химии металлических систем.

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

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), 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. Термодинамика электрохимических процессов. Электродная реакция. Потенциал на границе металл-раствор. Плоский и диффузный двойной электрический слой. Кривые зарядения металлических электродов. | 16           | 10                                                                            |                           | 1                      |                             | 1                                                                                                    | 12    | 4                                                   |                              | 4     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |           |    |  |   |  |   |           |   |  |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----|--|---|--|---|-----------|---|--|----------|
| Тема 2. Кинетика электрохимических процессов. Стадии, определяющие скорость электродного процесса, смешанная кинетика. Реакции восстановления и окисления в слое адсорбированного водорода и в адсорбционном слое кислорода. Влияние потенциала на глубину процессов окисления/восстановления. Циклирование потенциала. | <b>16</b> | 10 |  | 1 |  | 1 | <b>12</b> | 4 |  | <b>4</b> |
| Тема 3. Коррозия, кинетика и механизмы. Ингибиторы коррозии. Пассивирующие пленки. Защитные покрытия. Активные формы защиты. Локальные виды коррозии. Методы определения скорости коррозии. Принципы работы коррозионных мониторов. Коррозионные характеристики металлов и сплавов.                                     | <b>20</b> | 12 |  | 1 |  | 1 | <b>14</b> | 6 |  | <b>6</b> |
| Тема 4. Электрокатализ. Электрокаталитические системы и принципы их классификации. Механизмы и кинетика электрокаталитических процессов. Роль материала электрода и состояния его поверхности. Протекание электрокаталитических реакций в неводных средах. Ионные жидкости                                              | <b>20</b> | 12 |  | 1 |  | 1 | <b>14</b> | 6 |  | <b>6</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                      |            |    |  |   |  |   |           |    |  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----|--|---|--|---|-----------|----|--|-----------|
| в электрокатализе. Отравление электродов-катализаторов.                                                                                                                                                                                              |            |    |  |   |  |   |           |    |  |           |
| Тема 5. Применение электрокатализа и его экологическая роль. Примеры промышленных электрокаталитических процессов. Электрокаталитические процессы в топливных элементах. Электрокаталитическая очистка сточных вод кислородом и пероксидом водорода. | <b>16</b>  | 10 |  | 1 |  | 1 | <b>12</b> | 4  |  | <b>4</b>  |
| Промежуточная аттестация: <u>зачет</u>                                                                                                                                                                                                               | <b>20</b>  |    |  |   |  | 2 | <b>2</b>  | 18 |  | <b>18</b> |
| <b>Итого</b>                                                                                                                                                                                                                                         | <b>108</b> | 54 |  | 5 |  | 7 | <b>66</b> | 42 |  | <b>42</b> |

#### 8. Образовательные технологии:

Проводятся традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций; интерактивные лекции, в ходе которых аспиранты отвечают на вопросы лектора и под его контролем выполняют задания, способствующие практическому усвоению лекционного материала; лекции-демонстрации проблемного характера, посвященные практическим аспектам защиты от коррозии и электрокатализа.

#### 9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень заданий для самостоятельной работы. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов. Аспиранты также снабжаются инструкциями по работе с приборами для их самостоятельного изучения. Дополнительные материалы (руководства к выполнению конкретных заданий) размещаются на сайте кафедры общей химии: [www.chem.msu.ru/rus/teaching/general-spec.html](http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/general-spec.html)

10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

**Основная литература**

1. Ф. Миомандр, С. Садки, П. Одебер, Р. Малле-Рено. Электрохимия. М.: Техносфера, 2008.
2. Г. Кеше. Коррозия металлов. М.: Металлургия, 1984.
3. Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина Электрохимия. М.: «Химия» «КолосС», 2006.

**Дополнительная литература**

1. Л.А. Асланов., М.А. Захаров, Н.Л. Абрамычева Ионные жидкости в ряду растворителей. М.: Изд-во МГУ, 2005.
2. Проблемы электрокатализа. Под ред. В.С.Багоцкого, М.: Наука, 1980.
  - Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы:
    - Сайт журнала "Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces": <http://rd.springer.com/journal/11124>
    - Сайт журнала "Russian Journal of Electrochemistry": <http://rd.springer.com/journal/11175>

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:

Сафонов Виктор Алексеевич, д.х.н., профессор, safon@elch.chem.msu.ru

Кустов Леонид Модестович, д.х.н., профессор, lmk@ioc.ac.ru

Фишгойт Лариса Александровна, к.х.н., доцент, fishgoit@rambler.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. Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - зачета.
- Образцы контрольных вопросов для текущего контроля усвоения материала:

1. Назовите факторы, определяющие подвижность ионов в растворах.
2. Приведите примеры влияния кинетических факторов на форму поляризационной кривой.
3. Перечислите важнейшие механизмы электрохимических реакций.
4. Назовите типы неравномерной и гальванической коррозии.
5. Опишите процедуру анодирования металлических поверхностей.
6. Охарактеризуйте роль диффузии и двойного электрического слоя в кинетике электрокатализа.
7. Приведите примеры кинетических уравнений электрокаталитических процессов
8. Какие цели достигаются химическим модифицированием электродов в электрокатализе?

• Образцы домашних заданий:

1. Самостоятельно изучите по периодической литературе способы получения защитных покрытий на поверхности металла
2. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры использования активной катодной защиты от коррозии
3. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры использования ингибиторов коррозии
4. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры механизмов электрокаталитических процессов

• Образцы вопросов для промежуточной аттестации – **зачета**:

1. Формирование электродного потенциала.
2. Фарадеевские и нефарадеевские процессы.
3. Модели двойного электрического слоя. Емкость двойного электрического слоя.
4. Потенциал нулевого заряда. Электрохимическое равновесие.
5. Механизмы электрохимических реакций. Модель Батлера-Фольмера.
6. Механизмы электрохимических реакций. «Внешнесферный» электронный перенос. Модель Маркуса.
7. Перенос вещества. Общее уравнения Нернста – Планка.
8. Установившийся и переходный режимы.
9. Уравнение поляризационной кривой. Влияние кинетических факторов на форму поляризационной кривой.
10. Потенциометрия. Амперометрия. Кулонометрия.
11. Вольтамперометрия на твердом электроде. Вращающийся дисковый электрод.
12. Импульсная полярография.

13. Анализ механизмов протекающих реакций. Области применения стационарных методов.
14. Нестационарные методы. Явление массопереноса. Второй закон Фика.
15. Линейная и циклическая вольтамперометрия. Хроноамперометрия.
16. Природа и типы коррозии. Скорость электрохимической коррозии. Прогнозирование коррозии.
17. Питтинговая коррозия: механизм и условия возникновения.
18. Кинетика электрохимической коррозии. Сопряженные реакции на электроде.
19. Типы неравномерной и гальванической коррозии. Роль неоднородности в неравномерной коррозии.
20. Методы защиты от коррозии. Создание защитных покрытий. Активная защита.
21. Электрокаталитические системы и принципы их классификации.
22. Рекомбинационная теория. Теория замедленного разряда и ее основное уравнение.
23. Механизмы и кинетические уравнения электрокаталитических процессов.
24. Взаимоотношение между величинами перенапряжения и каталитической активностью. Основные факторы, определяющие характер лимитирующей стадии.

- Образцы практических контрольных заданий для промежуточной аттестации – **зачета**:

Предложите методы и процедуру исследования процесса, протекающего при коррозии

- 1) сплава на основе железа в аэрированной пресной воде;
- 2) легированной стали в аэрированной морской воде;
- 3) низкоуглеродной стали в пресной воде при высокой температуре;
- 4) алюминий-магниевого сплава в слабокислой водной среде;
- 5) хромо-никелевой стали в щелочной водной среде;
- 6) алюминий-магниевого сплава в слабощелочной водной среде;
- 7) латуни в кислой среде

Проанализируйте зависимости потенциал – время и ток – время для одного из предложенных вентильных металлов.

- 1) Рассчитайте толщину оксидной пленки данного металла в зависимости от приложенного потенциала, используя зависимости ток – время. Вычислите константу скорости формирования оксидной пленки;
- 2) Используя ту же зависимость, определите коэффициенты уравнения, описывающего спад тока во времени.
- 3) Рассчитайте выход по току реакции образования оксида, используя зависимость потенциал – время при постоянной плотности тока. Величины напряженности поля приведены в таблице;

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

Зачет проходит по билетам, включающем 2 вопроса, а также практическое контрольное задание (ПКЗ). Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу, а также качество выполнения ПКЗ оцениваются на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае, если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено». Протокол приема зачета подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников

**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КОРРОЗИОННЫХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ на основе карт компетенций выпускников**

| РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)                                                                                                            | КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и ШКАЛА оценивания |                                                                                    |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                    | ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ*                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                      | 1                                                                                 | 2                                                                                  | 3                                                                                                                         | 4                                                                                                                                                                                                   | 5                                                                                                                                                  |                                                             |
| 31 (УК-2) <b>Знать</b> методы научно-исследовательской деятельности                                                                                  | Отсутствие знаний                                                                 | Фрагментарные знания о методах электрокатализа и защиты от коррозии                | Несистематические знания о методах электрокатализа и защиты от коррозии                                                   | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о методах электрокатализа и защиты от коррозии                                                                                               | Сформированные и систематические знания о методах электрокатализа и защиты от коррозии                                                             | Устный опрос в ходе зачета                                  |
| У1(ОПК-1) <b>Уметь</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования           | Отсутствие умений                                                                 | Умение использовать только отдельные методы                                        | Ограниченное умение выбирать и использовать различные методы проведения электрохимических и электрокаталитических реакций | В целом достаточно полное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать и применять различные методы исследования электрохимических процессов, анализировать и обрабатывать результаты измерений | Сформированное умение гибко использовать возможности методов изучения электрохимических процессов и способы интерпретации экспериментальных данных | Выполнение практического контрольного задания в ходе зачета |
| 36 (ПК-1) <b>Знать</b> возможности и ограничения применения электрохимических методов при синтезе и исследовании неорганических веществ и материалов | Отсутствие знаний                                                                 | Фрагментарные знания о применении электрохимических методов в неорганической химии | Ограниченные представления о применении электрохимических методов в неорганической химии                                  | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о роли и применении электрохимических методов в неорганической химии                                                                         | Сформированные и систематические знания об использовании электрохимических методов и электрокаталитических реакций в неорганической химии          | Устный опрос в ходе зачета                                  |

|                                                                                                                                                   | 1                 | 2                                                                                                               | 3                                                                                                          | 4                                                                                                                                                            | 5                                                                                                                                             |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 33 (ПК-4) <b>Знать</b> возможности и ограничения применения электрохимических методов определения физико-химических свойств систем разной природы | Отсутствие знаний | Фрагментарные представления о применении электрохимических методов в физической химии                           | Ограниченные представления о применении электрохимических методов в физической химии                       | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о роли и применении электрохимических методов в физической химии                                      | Сформированные и систематические знания об использовании электрохимических и электрокаталитических методов в физической химии                 | Устный опрос в ходе зачета |
| 31 (ПК-16) <b>Знать</b> возможности и ограничения применения электрохимических методов синтеза и исследования в химии твердого тела               | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания о применении электрохимических методов и способов защиты от коррозии в химии твердого тела | Неполные знания о применении электрохимических методов и способов защиты от коррозии в химии твердого тела | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о применении электрохимических методов и способов защиты материалов от коррозии в химии твердого тела | Сформированные и систематические знания о применении электрохимических методов и способов защиты материалов от коррозии в химии твердого тела | Устный опрос в ходе зачета |