



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

**Институт физической химии и электрохимии
им. А.Н.Фрумкина Российской академии наук
(ИФХЭ РАН)**

ПРИНЯТО

Ученым советом ИФХЭ РАН

Протокол № 6 от 22.09.2011 г.

Председатель Ученого совета
академик



А.Ю. Цивадзе

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНГИБИРОВАНИЯ КОРРОЗИИ
МЕТАЛЛОВ»**

(Наименование дисциплины (модуля))

Специальность 05.17.03 – «технология электрохимических процессов и
защита от коррозии»

(указывается шифр и наименование специальности в соответствии с Номенклатурой специальностей научных работников
(приказ Минобрнауки России от 25.02.2009 № 59))

Москва

2011 год

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины: Формирование знаний физико-химических основ ингибирования коррозии металлов, умений и навыков экспериментальной работы с учетом современных тенденций развития химической науки, что обеспечивает решение аспирантом задач будущей профессиональной деятельности.

Ключевые слова: коррозия металлов, ингибиторы коррозии
Формирование знаний и умений в области ингибирования коррозии металлов.

Освоение методов оценки эффективности ингибиторов коррозии.
Изучение механизмов коррозионных процессов.

Задачи дисциплины:

1. Освоение аспирантами теоретических и практических основ ингибирования коррозии металлов;
2. Формирование у аспирантов знаний, позволяющих понять закономерности, протекающих химических, физико-химических, электро-химических процессов на поверхности металла;
3. Развитие практического опыта пользования полученными знаниями в профессиональной деятельности и повседневной жизни.

Ключевые слова: ингибиторы различного действия, особенности и механизмы защитного действия.

Сформировать навыки и умения:

- работы с лабораторным оборудованием;
- проведения лабораторной оценки эффективности ингибиторов.

Изучить методы, подходы позволяющие выяснить причины коррозии и меры ее предотвращения.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Данная дисциплина относится к группе специальных дисциплин отрасли науки и научной специальности. Для успешного освоения дисциплины аспирант должен владеть основами высшей математики, в частности, знать дифференциальное и интегральное исчисления, физики (термодинамика, строение вещества) и химии (свойства элементов и соединений, химическая связь, стехиометрия химических реакций).

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен **знать:**

- важнейшие химические понятия;
- основные законы химии;
- основные теории химии;
- основные понятия и законы физической химии и электрохимии;
- основы металлургии.

уметь:

- использовать теоретические основы при решении прикладных задач;
- на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований.

Изучение дисциплины «Физико-химические основы ингибирования коррозии металлов» как предшествующего составляет основу дальнейшего освоения следующих дисциплин естественно-научного цикла: технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

3 Требования к результатам освоения дисциплины

В рамках данной дисциплины углубляются (формируются, развиваются) следующие компетенции:

- углубляются основные понятия и законы физической химии и электрохимии;
- формируются как научные, так и технические подходы необходимые для диагностики коррозионных разрушений;
- умение разработать оптимальные варианты защиты.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц – 180 часов.

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
	Физико-химические основы ингибирования коррозии металлов	180	144	50		94		36	Экзамен по специальности 05.17.03 – «технология электрохимических процессов и защита от коррозии»

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел Дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1.	Классификация ингибиторов коррозии	5		4		2
2.	Теории действия ингибиторов коррозии	5		8		2
3.	Связь между структурой	4		10		2

	ингибиторов и их защитной способностью.					
4.	Композитные ингибиторы.	4		8		2
5.	Ингибиторы коррозии в кислых средах.	4		8		2
6.	Ингибиторы сероводородной коррозии.	4		8		2
7.	Ингибирование углекислотной коррозии	4		8		2
8.	Ингибиторы коррозии в нейтральных и щелочных средах.	4		8		2
9.	Ингибиторы локального растворения металлов.	4		8		2
10.	Ингибиторы коррозии и пассивность металлов.	4		8		2
11.	Ингибиторы атмосферной коррозии черных металлов.	4		8		2
12.	Парофазная защита металлов ингибиторами.	4		8		2

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
1.	Классификация ингибиторов коррозии	<p>Определение. Критерии эффективности ингибиторов. Классификация ингибиторов коррозии по назначению, областям применения, растворимости и химической природе. Влияние ингибиторов на кинетику парциальных электродных процессов. Ингибиторы анодного, катодного и смешенного действия. Ингибиторы, активирующие катодный</p>	<p><i>Лекции, семинары, практические занятия</i></p>

		процесс.	
2.	Теории действия ингибиторов коррозии	Основы формальной теории действия ингибиторов коррозии по Л.И. Антропову. Ингибиторы блокировочного и активационного действия. Потенциал нулевого заряда и приведенная шкала потенциалов. Адсорбция ингибиторов коррозии. Методы изучения адсорбции. Изотермы адсорбции. Критерии соотнесения экспериментальных данных различным типам изотерм адсорбции.	<i>Лекции, практические занятия</i>
3.	Связь между структурой ингибиторов и их защитной способностью.	Связь между структурой ингибиторов и их защитной способностью. Квантовохимический и корреляционный подходы к прогнозированию защитных свойств ингибиторов. Методы линейного соотношения энергий. Концепция жестких и мягких кислот и оснований.	<i>Лекции, семинары, практические занятия</i>
4.	Композитные ингибиторы.	Композитные ингибиторы. Явления защитного синергизма. Критерии и механизмы взаимного влияния компонентов смесевых ингибиторов. Соадсорбция. Влияние структуры компонентов на защитную способность смесевых ингибиторов.	<i>Лекции, практические занятия</i>
5.	Ингибиторы коррозии в кислых средах.	Ингибиторы коррозии в кислых средах. Области применения. Особенности защитного действия различных классов ингибиторов кислотной коррозии черных металлов. Базовые требования	<i>Лекции, практические занятия</i>

		предъявляемые к ингибиторам травления, ингибиторам для химической очистки оборудования и ингибиторам для кислотной обработки скважин.	
6.	Ингибиторы сероводородной коррозии.	Ингибиторы сероводородной коррозии. Механизмы действия. Требования к технологическим и защитным характеристикам. Защита от общей и локальной коррозии. Влияние ингибиторов на наводораживание и пластические свойства сталей. Бактерицидные свойства. Основные классы соединений и их функциональные особенности. Лабораторная оценка эффективности, входной и текущий контроль качества.	<i>Лекции, практические занятия</i>
7.	Ингибирование углекислотной коррозии	Ингибирование углекислотной коррозии. Классические представления. pH – регулирование. Пленкообразующие и адсорбционные ингибиторы. Основные классы соединений и их функциональные особенности.	<i>Лекции, практические занятия</i>
8.	Ингибиторы коррозии в нейтральных и щелочных средах.	Ингибиторы коррозии в нейтральных и щелочных средах. Области применения. Ингибиторы адсорбционного и комплексоного типа. Хелаторреагенты. Особенности и механизмы защитного действия. Ингибиторы для систем охлаждения. Ингибиторная	<i>Лекции, практические занятия</i>

		защита в водных и водно-органических теплоносителях. Ингибиторы коррозии стальной арматуры в бетоне: контактные и мигрирующие.	
9.	Ингибиторы локального растворения металлов.	Ингибиторы локального растворения металлов. Ингибирование начальных стадий питтингообразования и концепция нуклеофильного замещения лигандов в поверхностном комплексе.	<i>Лекции, практические занятия</i>
10.	Ингибиторы коррозии и пассивность металлов.	Ингибиторы коррозии и пассивность металлов. Пассиваторы окислительного типа. Адсорбционная безокисная пассивация. Солевая пассивность.	<i>Лекции, практические занятия</i>
11.	Ингибиторы атмосферной коррозии черных металлов.	Ингибиторы атмосферной коррозии черных металлов. Контактные и летучие ингибиторы. Формы и способы применения контактных ингибиторов. Ингибированные покрытия. Пассивирующие составы. Ингибированные масла. Ингибированные технологические жидкости.	<i>Лекции, практические занятия</i>
12.	Парофазная защита металлов ингибиторами.	Парофазная защита металлов ингибиторами. Основные классы летучих ингибиторов коррозии и показания для их применения. Особенности защиты летучими ингибиторами систем с различной изоляцией. Оценка летучести органических ингибиторов. Лабораторная оценка эффективности летучих ингибиторов. Защитные материалы на основе	<i>Лекции, практические занятия</i>

		летучих ингибиторов.	
--	--	----------------------	--

5. Образовательные технологии

Чтение лекций по данной дисциплине рекомендуется проводить с использованием мультимедийных презентаций и демонстрационного эксперимента.

При работе в малочисленных группах целесообразно использовать диалоговую форму проведения лекционных занятий с использованием элементов практических занятий, постановкой и решением проблемных и ситуационных заданий и т.д.

При проведении практических занятий необходимо создать условия для максимально самостоятельного выполнения аспирантами лабораторных работ. Поэтому при проведении практического занятия рекомендуется:

1. Проведение экспресс-опроса (в устной или тестовой форме) по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы (с оценкой).
2. Проверка планов выполнения лабораторных работ, подготовленных аспирантами в рамках самостоятельной работы (с оценкой).
3. Оценка работы аспиранта в лаборатории и полученных им результатов (с оценкой).
4. Проверка отчета о выполненной лабораторной работе (с оценкой).

Практические занятия проводятся после изучения определенного раздела (модуля). Это занятия, контролирующие знания, умения и навыки. Любая практическая работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может не

носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряд работ целесообразно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала. Выполнение практических работ аспирантами должно удовлетворять следующим требованиям:

- аспиранты должны понимать суть эксперимента и знать последовательность выполнения отдельных операций по инструкции;
- неукоснительно выполнять правила техники безопасности при обращении с оборудованием, приборами и реактивами;
- грамотно оформлять отчет о проведенной экспериментальной работе.

При защите лабораторной работы (сдаче отчета о ее выполнении) аспирант должен уметь объяснять цели, задачи, ход проведения работы, ее результаты, сделанные выводы, а также основные конструктивные особенности используемого оборудования.

В процессе проведения опытов аспиранты расширяют свои теоретические знания, совершенствуют практические умения.

Занятия в активных и интерактивных формах рекомендуется проводить с использованием компьютерных симуляций, постановки проблемных и ситуационных заданий. Проведение занятий в активных и интерактивных формах должно быть направлено на интенсификацию учебного процесса, увеличение доступности знаний, навыков и умений, анализ учебной информации, творческий подход к усвоению учебного материала. В ходе проведения занятий аспиранты должны учиться формулировать собственное мнение, правильно выражать мысли, строить доказательства своей точки зрения, вести дискуссию, слушать другого человека, уважать

альтернативное мнение, что должно формировать навыки, необходимые будущему специалисту в профессиональной деятельности.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа – это наиболее важный путь освоения студентами новых знаний, умений и навыков в освоении дисциплины. Образовательная цель самостоятельной работы – освоение методов химической науки, экспериментальными умениями; умениями работать с учебной и научной литературой; производить расчеты; пользоваться химическим языком. Воспитательная цель – формирование черт личности студента, трудолюбия, настойчивости, товарищеской взаимопомощи. Развивающая цель – развитие самостоятельности, интеллектуальных умений, умение анализировать явления и делать выводы. Самостоятельная работа может быть источником знаний, способом их проверки, совершенствования и закрепления знаний, умений и навыков.

Виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах и в домашних условиях, с доступом к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных, к ресурсам Интернет. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим: учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное программное обеспечение).

Формой контроля со стороны преподавателя является входной, текущий и рубежный контроль и промежуточная аттестация – кандидатский экзамен.

Входной контроль проводится в самом начале учебного периода. Он должен выявить степень подготовки аспиранта к изучению дисциплины по остаточным знаниям, ранее изученным дисциплинам.

Текущий контроль, главная его цель – стимуляция и корректировка повседневной самостоятельной работы аспиранта над учебным материалом. Он осуществляется в ходе выполнения аспирантом всех видов учебной нагрузки. Результаты текущего контроля влияют на рейтинг аспиранта.

Рубежный контроль призван выявить уровень знаний аспиранта по материалу изученной темы. Целесообразно осуществлять рубежный контроль после изучения каждой темы дисциплины. Результаты рубежного контроля влияют на рейтинг аспиранта.

Промежуточная аттестация: формой промежуточной аттестации по дисциплине «Физико-химические основы ингибирования коррозии металлов» является кандидатский экзамен.

Вопросы к экзамену:

1. Определение. Критерии эффективности ингибиторов. Классификация ингибиторов коррозии по назначению, областям применения, растворимости и химической природе.
2. Влияние ингибиторов на кинетику парциальных электродных процессов. Ингибиторы анодного, катодного и смешанного действия. Ингибиторы, активирующие катодный процесс.
3. Основы формальной теории действия ингибиторов коррозии по Л.И.Антропову. Ингибиторы блокировочного и активационного действия. Потенциал нулевого заряда и приведенная шкала потенциалов.
4. Адсорбция ингибиторов коррозии. Методы изучения адсорбции. Изотермы адсорбции. Критерии соотнесения экспериментальных данных различным типам изотерм адсорбции.
5. Связь между структурой ингибиторов и их защитной способностью. Квантовохимический и корреляционный подходы к прогнозированию защитных свойств ингибиторов.
6. Методы линейного соотношения энергий. Концепция жестких и мягких кислот и оснований.

7. Композитные ингибиторы. Явления защитного синергизма. Критерии и механизмы взаимного влияния компонентов смесевых ингибиторов.
8. Соадсорбция. Влияние структуры компонентов на защитную способность смесевых ингибиторов.
9. Ингибиторы коррозии в кислых средах. Области применения.
10. Особенности защитного действия различных классов ингибиторов кислотной коррозии черных металлов.
11. Базовые требования предъявляемые к ингибиторам травления, ингибиторам для химической очистки оборудования и ингибиторам для кислотной обработки скважин.
12. Ингибиторы сероводородной коррозии. Механизмы действия.
13. Требования к технологическим и защитным характеристикам. Защита от общей и локальной коррозии.
14. Влияние ингибиторов на наводораживание и пластические свойства сталей.
15. Бактерицидные свойства. Основные классы соединений и их функциональные особенности.
16. Лабораторная оценка эффективности, входной и текущий контроль качества.
17. Ингибирование углекислотной коррозии. Классические представления. рН – регулирование.
18. Пленкообразующие и адсорбционные ингибиторы. Основные классы соединений и их функциональные особенности.
19. Ингибиторы коррозии в нейтральных и щелочных средах. Области применения.
20. Ингибиторы адсорбционного и комплексоного типа. Хелаторреагенты. Особенности и механизмы защитного действия.
21. Ингибиторы для систем охлаждения. Ингибиторная защита в водных и водно-органических теплоносителях.
22. Ингибиторы коррозии стальной арматуры в бетоне: контактные и мигрирующие.

23. Ингибиторы локального растворения металлов. Ингибирование начальных стадий питтингообразования и концепция нуклеофильного замещения лигандов в поверхностном комплексе.
24. Ингибиторы коррозии и пассивность металлов.
25. Пассиваторы окислительного типа. Адсорбционная безокисная пассивация. Солевая пассивность.
26. Ингибиторы атмосферной коррозии черных металлов. Контактные и летучие ингибиторы.
27. Формы и способы применения контактных ингибиторов. Ингибированные покрытия. Пассивирующие составы. Ингибированные масла. Ингибированные технологические жидкости.
28. Парофазная защита металлов ингибиторами. Основные классы летучих ингибиторов коррозии и показания для их применения.
29. Особенности защиты летучими ингибиторами систем с различной изоляцией. Оценка летучести органических ингибиторов.
30. Лабораторная оценка эффективности летучих ингибиторов. Защитные материалы на основе летучих ингибиторов.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: Высш. шк., 1984.
2. Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник. Т. 1, 2 / Под ред. М.А. Шлугера. М.: Машиностроение, 1985.
3. Прикладная электрохимия / Под ред. А.П. Томилова. М.: Химия, 1984.
4. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: Энергоатомиздат, 1981.
5. Томашов Н.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионно-стойкие конструкционные материалы. М.: Металлургия, 1986.
6. Зуев Б.С. Разрушение полимеров под действием агрессивных сред. М.: Химия, 1972.

7. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1976.
8. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Металлургия, 1976.
9. Розенфельд И.Л., Жигалова К.А. Ускоренные методы коррозионных испытаний. М.: Металлургия, 1966.

б) дополнительная литература:

1. Артеменко А.И. Органическая химия. М.: Высшая школа, 1994.
2. Виноградов С.С. Экологически безопасные гальванические производства. М.: Глобус, 2002.
3. Плудек В. Защита от коррозии на стадии проектирования. М.: Мир, 1980.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Журналы и книги издательства American Chemical Society (ACS)
Журналы и книги издательства American Physical Society (APS)
Журналам и труды конференций электрохимического общества (The Electrochemical Society(ECS))
Архив научных журналов издательства Oxford University Press
Журналы и книги издательства Trans Tech Publications inc.
Журналы и конференции Optical Society of America (OSA)
“Обзорный журнал по химии” на платформе E-library
Мультидисциплинарный журнал естественнонаучного профиля “SCIENCE” издательства American Association for the Advancement of Science (AAAS)

Патентная База данных Questel
Реферативная база данных компании Cambridge Scientific Abstracts в области технологии, материаловедения и нанотехнологий
Реферативная база INSPEC, Institution of Engineering and Technology
Коллекция из 104 журналов Академиздатцентра “Наука”
БД ВИНТИ РАН on-line – крупнейшая в России баз данных по естественным, точным и техническим наукам
База данных БЕН РАН
EBSCO Publishing и справочная база “DynaMed”
Журналы издательства Institute of Physics (IOP)
Журналы и книги издательства Elsevier
152 журналов издательства Elsevier за 2000-2009 годы на платформе eLIBRARY.RU
Журналы и книги издательства Wiley-Blackwell
Журналы издательства Nature Publishing Group
Журналы и базы данных по основным направлениям развития химических наук The Royal Society of Chemistry (RSC)
Архивы издательства The Royal Society of Chemistry (RSC)
Журналы издательства The Royal Society Publishing
Журналы и книги издательства Springer
Реферативная база данных Inspec, Institution of Engineering and Technology
Ресурсы издательства Taylor&Francis (компания Metapress)
Журналы издательства Sage Publications
Журналы издательства American Institute of Physics

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекции по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проектором, усилителями звука, препаративным столом и системой вентиляции (для показа демонстрационного эксперимента).

Практические занятия проводятся в лабораториях, оснащенных всем необходимым лабораторным оборудованием и реактивами,

приборным и химическим обеспечением учебного процесса по физико-химическим основам ингибирования коррозии металлов;

- лабораторная мебель: столы химические, шкафы вытяжные, тумбы подкатные, мойки и др.;

- лабораторное оборудование и приборы, необходимые для проведения учебного эксперимента: рН-метры, потенциостаты-гальваностаты, установка

для измерения электрохимического импеданса, эллипсометры, установки для проведения коррозионных испытаний (камеры, проточные ячейки и т.д.), термостаты, центрифуги, титровальные установки, стеклянная и фарфоровая химическая посуда, химические реактивы и др..

Имеется необходимое количество ПК, а также принтеров, сканеров и копировальных аппаратов для проведения учебного процесса. Все ПК подключены к развитой корпоративной компьютерной сети. Для выхода в Internet используется широкий цифровой канал в 100 Мбит/с.

Программа составлена в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 16.03.2011 № 1365 «Федеральные государственные требования к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)» лабораторией окисления и пассивации металлов и сплавов.

Программа принята на заседании секции «Химическое сопротивление материалов, защита металлов и других материалов от коррозии и окисления» при Ученом совете Института (протокол № 71) от 13.09.2011.