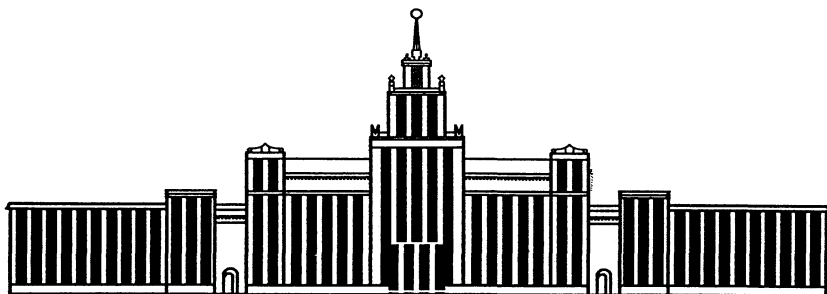

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

621.382(07)

3-122

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания

Челябинск

2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра технологии приборостроения

621.382(07)
3-122

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Методические указания

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2012

УДК 621.382(076.5)
З-122

Одобрено
учебно-методической комиссией физического факультета

Рецензент
д.х.н., проф. А.А. Лыкасов

Физико-химические основы микроэлектроники: методические указания /
З-122 составитель Н.С. Забейворота. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ,
2012. – 17 с.

Методические указания предназначены для студентов физического факультета по направлению подготовки 210100 «Электроника и нанoeлектроника» и приборостроительного факультета по направлению подготовки 211000 «Конструирование и технология электронных средств» дневной формы обучения. Они содержат программу курса, общие указания по методике изучения курса, указания по изучению отдельных тем со ссылками на соответствующие источники информации и контрольные вопросы по каждой теме.

УДК 621.382(076.5)

ВВЕДЕНИЕ

Современный специалист на производстве радио и микроэлектронной аппаратуры ежедневно сталкивается со сложными физико-химическими процессами, от которых во многом зависит как структура техпроцесса, так и конструкции установок. Большое число этих процессов требует знания их физико-химических основ. Задача физико-химической подготовки современного специалиста заключается в развитии у него физико-химического мышления, помогающего ему решать вопросы качества и надёжности изделий, эффективности производства, а также многообразные частные проблемы физико-химического характера.

В разделе «Физическая химия» излагаются основы физической химии, знание которых будет способствовать более глубокому освоению студентами специальных дисциплин.

Цель настоящих методических указаний помочь студентам в самостоятельной работе при освоении курса.

Изучение курса следует вести последовательно по темам, пользуясь рекомендованной литературой и составляя краткий конспект. Следует вникать в физический смысл полученных формул и умело пользоваться ими. Различные формы учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, консультации являются обязательными. К экзамену допускаются студенты, выполнившие лабораторные работы и получившие зачёт.

1. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Состав дисциплины по направлению подготовки 211000

«Конструирование и технология электронных средств»

Лекции – 34 ч, экзамен – 7 семестр, лабораторный практикум – 34 ч,

Курсовой проект – 8 семестр, СРС – 52 ч.

Всего 120 часов.

Рабочая программа соответствует федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования по направлению подготовки 211000, введённому в действие с 2009 года.

Состав дисциплины по направлению подготовки 210100-

«Электроника и наноэлектроника»

Лекции – 36 ч, экзамен – 5 семестр, лабораторный практикум – 18 ч,
практические – 18 ч, курсовая работа – 5 семестр, СРС – 128 ч.

Всего 200 часов.

Рабочая программа соответствует федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования по направлению подготовки 210100, введённому в действие с 2009 года.

2. НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

2.1. Введение. Предмет и задачи курса. Роль физико-химических процессов в конструировании и технологии ЭС

2.1.1. Содержание темы

Физическая химия как раздел естествознания и ее роль в формировании диалектико-материалистического мировоззрения. Предмет и содержание физической химии. Значение курса физической химии для специалистов приборостроительных специальностей. Роль и место физико-химических процессов и явлений при проектировании, производстве и эксплуатации радио и электронно-вычислительной аппаратуры. Классификация физико-химических процессов в технологии изготовления радио и микроэлектронной аппаратуры. Основные методы исследования технологических процессов.

[4, с. 364–394].

2.1.2. Методические указания

Необходимо оценить, что физическая химия является одной из фундаментальных дисциплин. В курсе излагаются основные разделы физической химии, знание которых будет способствовать более глубокому усвоению специальных дисциплин. Следует повторить из школьного курса основные химические понятия: атом, молекула, атомная и молекулярная масса, моль, молярная масса, молярный объем. Необходимо знать и уметь использовать основные стехиометрические законы: закон сохранения массы, закон постоянства состава, закон Авогадро. Следует также четко представлять, по каким признакам различают физические, химические и физико-химические явления и процессы.

2.1.3. Вопросы для самопроверки

1. Объясните различия в понятиях: атом, химический элемент, простое вещество.
2. Чем понятия: молекула, молекулярная масса отличаются от понятия - моль?
3. Как перейти от массы (плотности) вещества к объему вещества?
4. Перечислите основные процессы, используемые в технологии ЭС и МЭА
5. Дайте краткую характеристику основным методам исследования технологических процессов.
6. Назовите основные разделы физической химии и объекты их изучения.

2.2. Основы химической термодинамики технологических процессов производства ЭС и МЭА

2.2.1. Содержание темы

Основные термодинамические понятия. Обратимые и необратимые, равновесные и неравновесные процессы в технологии производства и эксплуа-

тации ЭС. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия, их температурная зависимость. Термохимические уравнения и их основные соотношения. Второй закон термодинамики. Энтропия. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Энтропия и вероятность, статистический характер второго закона термодинамики. Вычисление энтропии.

[1, с. 9–26; 6, с. 8–96; 7, с. 7–37; 3, 59–90; 4, с. 54–97; 2, с. 20–43].

2.2.2. Методические указания

Термодинамика рассматривает только начальное и конечное состояние системы. Она не описывает протекания процессов во времени, а только отвечает на вопрос: насколько глубоко должна пройти реакция или процесс. Термодинамический метод дает точные соотношения между энергией и свойствами системы, не требуя каких-либо сведений о строении молекул или механизме процессов. Системы, состоящие из многих частиц, подчиняются некоторым общим законам, таким, например, как закон сохранения энергии. Эти законы называют началами термодинамики.

Приступая к изучению законов термодинамики, следует усвоить основные понятия и определения: термодинамическая, изолированная, гомогенная и гетерогенная, системы, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Необходимо знать, что первый закон термодинамики является частным случаем общего закона сохранения энергии. В отличие от первого закона термодинамики второй закон применим к явлениям, к которым применимы законы вероятности. Он позволяет определить наиболее вероятный путь протекания процесса в системе. Статистическое толкование второго закона термодинамики дает энтропии конкретное физическое содержание как меры вероятности термодинамического состояния тел и системы.

Математическим аппаратом является теория дифференциальных форм и уравнение в частных производных.

2.2.3. Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение понятие "система". Какая система называется изолированной, замкнутой, гомогенной, гетерогенной?

2. Приведите формулировки первого закона термодинамики.

3. Напишите с уравнение первого закона термодинамики. Какие величины, входящие в это уравнение, зависят от пути процесса?

4. Дайте определения теплоемкости. Чем отличается удельная теплоемкость от молярной?

5. Сформулируйте закон Гесса. Какие следствия вытекают из закона Гесса?

6. Сформулируйте и запишите закон Кирхгофа.

7. В каких пределах могут меняться значения термодинамической и математической вероятности?

8. В чем суть статистического смысла второго закона термодинамики?

9. Дайте определение энтропии.

10. Как вычислить изменение энтропии для системы:

а) изотермической;

- б) изобарической;
- в) изохорической;
- г) адиабатической.

2.3. Характеристические функции и термодинамические потенциалы

2.3.1. Содержание темы

Характеристические функции. Термодинамический потенциал. Изобарно-изотермический потенциал. Изохорно-изотермический потенциал. Сводка характеристических функций.

[7, с. 43–59; 3, с. 94–105; 4, с.98–106; 2, с.120–128].

2.3.2. Методические указания

Характеристической в термодинамике называют такую функцию состояния системы, посредством которой (или ее производных) могут быть выражены в явной форме термодинамические свойства системы. Наиболее широко в термодинамике применяется следующие характеристические функции: изобарно-изотермический потенциал, изохорно-изотермический потенциал, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Наличие связи между характеристическими функциями и другими свойствами системы, в частности, теми, которые поддаются прямому измерению, позволяет относительно легко находить числовые значения потенциалов. Это в свою очередь дает возможность широко использовать потенциалы в различных термодинамических расчетах, например, при определении направления процесса или условий равновесия. Направление и предел самопроизвольного протекания процессов при постоянной температуре и давлении определяются функцией состояния, которая называется изобарно-изотермическим потенциалом, а при постоянной температуре и объеме определяются функцией состояний, которая называется изохорно-изотермическим потенциалом.

2.3.3. Вопросы для самопроверки

1. Запишите связь между, известными характеристическими функциями.
2. Как изменится изохорно-изотермический потенциал системы при изотермическом увеличении ее объема?
4. Запишите условия равновесия и протекание процесса с помощью известных характеристических функций.

2.4. Фазовые переходы в однокомпонентной системе

2.4.1. Содержание темы

Фазовые переходы в однокомпонентной системе. Применение уравнения Клаузиуса–Клапейрона для процессов плавления, испарения, сублимации.

[1, с. 35–59; 7, с. 37–43; 3, с. 152–178; 4, с. 164–211; 2, с. 185–209].

2.4.2. Методические указания

При изучении темы следует уяснить, что в однокомпонентной системе, состоящей из нескольких фаз и находящихся в равновесии, возможны переходы из одной фазы в другую. Когда при переходе из одной фазы в другую

происходит скачкообразное изменение энтропии и объема системы, то такие переходы называют 1-го рода.

Знание материала этой темы позволяет успешно решать вопросы технологии испарения вещества в вакууме и пайки материалов. Необходимо помнить вывод уравнения Клаузиуса–Клапейрона и уметь пользоваться им для описания процессов плавления, испарения, сублимации. Следует уметь анализировать полученные выражения для конкретных фазовых переходов. Необходимо помнить, что процессы фазовых переходов 1-го рода протекают при постоянной температуре.

Для процессов плавления теплота плавления всегда положительная, а объем жидкой фазы в общем случае может быть больше или меньше объема того же количества твердой фазы. Поэтому изменение температуры с увеличением давления в системе может быть положительным и отрицательным. Это значит, что температура плавления системы может повышаться или снижаться с увеличением давлением.

Для процессов испарения, теплота испарения также всегда положительна. Объем газа всегда больше соответствующего объема жидкости, т.е. из уравнения следует, что с увеличением температуры в системе давление в ней всегда увеличивается. Аналогичные утверждения справедливы и для процесса сублимации

2.4.3. Вопросы для самопроверки

1. В чем отличие фазовых переходов первого от второго рода?
2. Почему теплоту фазовых переходов первого рода называют скрытой?
3. Как будет изменяться температура плавления припоя в космическом пространстве и под водой:
 - а) на основе висмута?
 - б) на основе олова?
4. Как будет изменяться упругость пара над твердым веществом:
 - а) при увеличении температуры?
 - б) при уменьшении давления?
5. Какими точками начинается и заканчивается кривая зависимости давления насыщенного пара жидкости от температуры?
6. Что называется температурой кипения?
7. Приведите примеры практического использования материала данной системы в технологии ЭС и МЭА.

2.5. Термодинамика растворов

2.5.1. Содержание темы

Основы термодинамики растворов. Основные понятия растворов и применение их в микроэлектронной технологии. Совершенные, разбавленные, неидеальные растворы. Свойства, термодинамические функции совершенного, разбавленного, неидеального растворов. Закон Рауля. Отклонения от закона Рауля, закон Генри. Закон распределения Нернста. Растворимость газов в жидкостях. Понятие активности компонента, активности растворителя.

Экспериментальные методы определения активности. Регулярные растворы. Термодинамические функции регулярных растворов. Способы выражения концентрации. Способы выражения состава растворов. Парциально-молярные величины. Энтальпия, энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Связь между парциальными, молярными свойствами компонентов раствора. Уравнение Гиббса–Дюгема. Экстенсивные и интенсивные свойства. Химические потенциалы.

[1, с. 77–89; 3, 182–286; 4, с. 35–58; 2, с. 133–181].

2.5.2. Методические указания

Необходимо уяснить, что такое раствор, растворитель, растворенное вещество, какие физические и химические процессы протекают при растворении. При изучении темы необходимо знать способы выражения состава раствора (массовые доли и проценты, молярные доли и проценты, молярно-объемное отношение эквивалентно-объемное отношение, молярно-массовое отношение) уметь осуществлять переход от данного способа выражения состава к другому. Необходимо знать понятия совершенный, разбавленный, неидеальный раствор. Особое внимание уделить вопросу о растворимости газов в жидкостях. Помнить, что условием равновесия будет являться условие равенства химических потенциалов. Знать, что такое коэффициент растворимости Оствальда, как он определяется и от чего зависит. Помнить каким растворам удовлетворяют требования законов Рауля, Генри, а каким обобщенное уравнение Рауля–Генри знать все формулировки и математические обоснования законов. Полезно знать, что соотношения Рауля можно получить в предположении, что пар-смесь идеальных газов, а жидкость совершенный раствор. Нужно помнить, что закон распределения является основой процессов экстрагирования (извлечение вещества из раствора путем другого растворителя). Понимать понятия активность и стандартное состояние компонента. Полезно знать такие методы экспериментального определения активности, как определение активности по данным о давлении насыщенного пара, расчет активности по уравнению Гиббса–Дюгема. Также необходимо понимать, что физической причиной отклонений свойств реальных конденсированных растворов от закономерностей совершенных и идеальных растворов, является различие энергий межчастичного взаимодействия в парах односортовых частиц (атомов, ионов). Следует помнить, что все свойства растворов подразделяется на экстенсивные и интенсивные. Первые всегда зависят от массы вещества, и поэтому, при увеличении количества всех компонентов в некоторое число раз экстенсивные свойства возрастают в такое же число раз. В термодинамике очень важным является понятие химического потенциала, это интенсивная величина, которая широко используется для характеристики любых систем. Следует помнить, что химический потенциал – это часть изобарного потенциала системы, приходящегося на 1 г-моль компонента, или изменение общего потенциала системы, вызванное добавлением к ней 1 моля компонента при постоянных P , T и концентрациях всех веществ.

Все определения при необходимости подтверждать математическими выкладками.

2.5.3. Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение раствора. Какие растворы Вы знаете?
2. Какие растворы называет истинными, коллоидными?
3. Какие способы выражения состава растворов Вы знаете?
4. Как перейти от массовой доли к молярной доли, а затем к молярно массовому отношению (молярности)?
5. Назовите примеры экстенсивных и интенсивных свойств.
6. Дайте определение химического потенциала и выведите его математическое выражение через известные экстенсивные свойства системы U, H, r, G, S .
7. В чем отличие совершенных, разбавленных, неидеальных растворов?
8. Дать определение законов Рауля, Генри, обобщенного закона Рауля-Генри, используя математическое обоснование этих законов.
10. Дать определения понятий активность и стандартное состояние компонента.

2.6. Химическое равновесие

2.6.1. Содержание темы

Основы химического равновесия. Выражение условий равновесия через химические потенциалы. Уравнение изотермы реакции. Понятие движущей силы (или сродства) химической реакции. Изменение термодинамического потенциала в газовых реакциях. Стандартный изобарный потенциал реакции. Правило Ле-Шателье. Влияние температуры на химическое равновесие. Уравнение изобары Вант-Гоффа. Основы фазовых равновесий в гетерогенных системах. Основные понятия. Правило фаз Гиббса и применение его для описания одно- и двухкомпонентных систем. Закон действующих масс. Условие равновесия. Константа равновесия газовой реакции. Применение закона действующих масс. Способы выражения концентрации реакционной смеси. Влияние давления на равновесие химической реакции. Принцип смещения равновесия Ле-Шателье–Брауна. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Константа равновесия гетерогенной реакции. Понятие упругости диссоциации. Диаграммы состояния систем: с неограниченной растворимостью компонентов в твердом и жидком состоянии; с простой эвтектикой; с ограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии, с расслоением; монотектического типа синтетического типа с наличием химического соединения; с полиморфными превращениями с перитектоидным равновесием. Роль диаграмм состояния при проектировании технологических процессов изготовления ЭС и МЭА. Физико-химический анализ как метод научного исследования и обеспечения качества ЭС.

[1, с. 35–59; 3, с. 108–129; 4, с. 169–171].

2.6.2. Методические указания

Химическое равновесие характеризуется константой равновесия, поэтому необходимо знать, как записывается выражение константы равновесия, от каких параметров она зависит. Надо уметь объяснить: почему химическое равновесие является динамическим, что такое смещение равновесия. Следует знать формулировки закона действия масс, принципа Ле-Шателье, выражения изотермы и изобары Вант-Гоффа и уметь ими пользоваться. Необходимо уметь анализировать уравнения изотермы и изобары Вант-Гоффа. Следует помнить, что уравнение изобары Вант-Гоффа отражает зависимость константы химической реакции от температуры, а уравнение изотермы отражает направление протекания процесса и степень удаленности процесса от состояния равновесия, причем первое определяется знаком, а второе абсолютным значением изменения изобарно-изотермического потенциала. При изучении фазовых равновесий в гетерогенных системах необходимо усвоить понятие "фаза", "компонент", "число степеней свободы". Помнить математическое выражение правила фаз Гиббса и уметь применять его для анализа двух- и трехкомпонентных систем. Знать какие реакции называются гетерогенными, условия равновесия в гетерогенных реакциях. Уметь привести примеры простейших гетерогенных реакций и помнить, что является упругостью диссоциации. В качестве дополнительной информации полезно ознакомиться с методиками расчета констант равновесия по: термодинамическим данным (метод Темкина–Шварцмана), по значениям приведенной энергии Гиббса. Необходимо иметь представление о некоторых диаграммах состояния двухкомпонентных систем. При построении диаграмм состояния широко используют данные термического анализа, который состоит в измерении температуры охлаждаемого сплава во времени. С помощью правила рычага и диаграммы состояния можно определять относительные количества равновесных фаз при любой температуре.

2.6.3. Вопросы для самопроверки

1. Что такое константа равновесия, от чего она зависит?
2. Как влияет температура на константу равновесия K_p ?
3. Для каких реакций константа равновесия K_p равна равновесному давлению в системе при данной температуре?
4. Напишите математическое соотношение между K_p и K_c , для химической реакции. Какая из этих величин больше?
5. Запишите выражение закона действующих масс. Привести примеры использования закона действующих масс.
6. Запишите уравнение изотермы химической реакции. Как влияет изменение энергии Гиббса на направление химической реакции?
7. Приведите пример температурного ряда для описания изменения теплоемкости системы в результате протекания реакции. Что означают входящие в него коэффициенты?
8. Сформулируйте принцип Ле-Шателье и проанализируйте как влияет изменение параметров P и T на смещение равновесия.
9. Проанализируйте уравнение изобары Вант-Гоффа.

10. Примените уравнение изотермы реакции и проанализируйте возможные случаи для известных химических реакций, используемых в технологии МЭА.

11. Дайте определение понятиям: "фаза", "компонент", "число степеней свободы".

12. Нарисуйте диаграмму состояния двухкомпонентной системы с неограниченной растворимостью компонентов в твердом и жидком состояниях и проанализируйте ее.

13. Нарисуйте диаграмму состояния олово-свинец и проанализируйте ее.

2.7. Основы кинетики технологических процессов производства ЭС и МЭА

2.7.1. Содержание темы

Кинетика технологических процессов производства ЭС. Основные положения и понятия химической кинетики. Необратимые реакции первого, второго и третьего порядков. Кинетика сложных реакций: обратимых, последовательных, параллельных. Влияние температуры на скорость реакции. Энергия и механизмы активации химических реакций в микроэлектронике.

[1, с. 101–115; 6, с. 416–452; 7, с. 115–302; 2, с. 298–364].

2.7.2. Методические указания

Химическая кинетика изучает механизм и закономерности протекания химических процессов во времени. Изучение этого материала позволяет более успешно решать вопросы интенсификации производства. В этой теме студент должен четко усвоить основные понятия: скорость химической реакции, константа скорости, молекулярность и порядок реакции. Необходимо уметь найти константу скорости для простых и сложных реакций, понимать ее физический смысл. Знать, что такое активные молекулы, энергия активации. Следует знать, как зависит константа скорости реакции, пользуясь эмпирическим правилом Вант-Гоффа и уравнением Аррениуса. Уметь объяснить физический смысл коэффициентов в уравнении Аррениуса.

2.7.3. Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение скорости химической реакции.
2. Каков физический смысл константы скорости реакции?
3. Что такое порядок реакции, как он определяется?
4. От каких параметров зависит и от каких не зависит константа скорости реакции?
5. Что такое энергия активации?
6. Какие реакции называются необратимыми, обратимыми?
7. Как определяется время половины реакции, и от каких параметров оно зависит для реакции первого и третьего порядка?
8. Объясните физический смысл коэффициентов в уравнении Аррениуса?
9. Сформулируйте правило Вант-Гоффа.

2.8. Цепные и фотохимические реакции

2.8.1. Содержание темы

Цепные и фотохимические реакции, их кинетика. Основы фотолитографических процессов и применение их в технологии ЭС и МЭА.

[6, с. 453–461; 3, с. 373–428].

2.8.2. Методические указания

Необходимо знать механизм и особенности цепных и фотохимических реакций, что такое активный центр, среднее время жизни активного центра. Уметь вывести основные кинетические выражения для ценных реакций с простыми и разветвляющимися цепями и уметь их анализировать.

2.8.3. Вопросы для самопроверки

1. Какие реакции называются ценными. В чем состоит особенность протекания этих реакций?
2. Какие реакции называются фотохимическими?
3. Что такое фоторезист, какие разновидности Вы знаете?
4. Приведите примеры использования фотохимических реакций в технологии ЭС и МЭА.

2.9. Гетерогенные процессы. Катализ

2.9.1. Содержание темы

Кинетика гетерогенных процессов. Диффузия. Законы Фика. Внешняя и внутренняя массопередача. Определение самопроизвольной и принудительной конвекции. Диффузионный, кинетический, диффузионно-кинетический режимы, условия их возникновения. Признаки и особенности протекания процесса при внешней и внутренней массопередаче. Закономерности возникновения новых фаз. Основные понятия катализа. Гомогенный, кислотно-основной и гетерогенный катализ.

[6, с. 520–533; 3, с. 431–484].

2.9.2. Методические указания

Для успешного освоения материала данной темы необходимо помнить, что особенностью гетерогенных процессов является то, что химическое взаимодействие происходит на поверхности раздела фаз или вблизи. В результате взаимодействия возникает градиент концентрации между поверхностным и внутренним слоями. Следует помнить и то, что наряду с химическим взаимодействием может протекать и диффузия. Необходимо знать, что такое диффузия, первый и второй закон Фика. Для оценки эффективности возможных путей воздействия на скорость гетерогенной реакции очень важно знать, какая из стадий ее является в данных условиях наиболее медленной и, следовательно, определяющей скорость реакции в целом. В одних случаях этой стадией являются процессы диффузии компонентов к поверхности раздела или наоборот. В других химическое взаимодействие на поверхности раздела. Различие между этими случаями наиболее сильно проявляется в зависимости скорости реакции от температуры.

Следует помнить, что процесс переноса вещества называется массопередачей. Разделяют два вида массопередачи: внешняя и внутренняя. Следует знать особенности протекания процессов в зависимости от режимов. Для более детального понимания кинетики гетерогенных процессов, полезно изучить кинетику сложных (многостадийных) процессов (например переход примесного компонента из стали в шлак). Также полезно разобраться с понятием стационарной и нестационарной диффузии.

При изучении вопросов катализа необходимо знать: что такое катализ, автокатализ, катализатор, какие существуют разновидности катализа. Уметь описать механизм действия катализа и знать примеры применения катализа в технологии ЭС и МЭА.

2.9.3. Вопросы для самопроверки

1. Что такое диффузия?
2. От каких факторов зависит скорость диффузии?
3. Сформулируйте первый и второй законы Фика.
4. Какие режимы протекания процессов вы знаете? Охарактеризуйте их.
5. Что такое коэффициент массоотдачи и что он показывает?
6. Как определить в каком режиме протекает процесс, в кинетическом или диффузионном?
7. Что такое катализ, автокатализ?
8. Какие разновидности катализа вы знаете?

2.10. Поверхностные явления

2.10.1. Содержание темы

Явления и процессы на поверхности раздела двух фаз. Сорбция, адсорбция, абсорбция. Физическая и химическая адсорбция. Краевой угол. Когезия и адгезия. Поверхностное давление, давление газа внутри сферического пузырька. Капиллярные явления. Давление насыщенного пара капель жидкости. Физические модели и основные уравнения адсорбции. Капиллярные явления. Смачивание, поверхностное натяжение и их роль в технологии и обеспечении качества ЭС.

[10, с. 78–279; 4, с. 290–304].

2.10.2. Методические указания

При изучении данной темы необходимо усвоить основные понятия: адсорбция, адсорбент, адсорбат. Четко представлять основные отличия физической адсорбции от химической. Знать основные уравнения и модели адсорбции. Следует знать понятия адгезия и когезия, понимать, в чем их сущность. Следует помнить, что наличие искривления поверхности приводит к возникновению дополнительных сил и появлению поверхностного (или капиллярного) давления. Изучить, как распределяется давление газа внутри сферического пузырька, зависимость его от внешнего давления. Следует выделить, как влияет кривизна поверхности на давление насыщенного пара над поверхностью. Помнить что давление насыщенного пара можно определить используя формулу Томсона. Нужно знать, как определить высоту капиллярного

поднятия жидкости, поверхностное натяжение жидкости в зависимости от степени смачивания жидкости. Помнить, что поверхностные явления обусловлены особым энергетическим состоянием частиц на поверхности адсорбента. В отличие от энергетического состояния в объеме, частицы поверхностного слоя адсорбента обладают свободной поверхностной энергией. Чем выше удельная поверхность, тем выше поверхностная энергия и тем больше адсорбционная способность.

2.10.3. Вопросы для самопроверки

1. Что такое адсорбция, адсорбент, адсорбат?
2. Чем отличаются понятия адсорбция и абсорбция?
3. В чем состоит различие между физической и химической адсорбцией?
4. Что называется поверхностной энергией, поверхностным натяжением?
5. От каких параметров системы зависит абсорбция?"
6. Как изменяются физическая и химическая абсорбция при увеличении температуры, давления в системе?
7. Какими факторами определяется растекание жидкости на поверхности твердого тела?
8. Что такое краевой угол смачивания, что он определяет?
9. Приведите примеры использования капиллярного явления и абсорбции к технологии ЭС и МЭА.
10. Какие виды смачивания вы знаете. Поясните ответ с применением понятия краевой угол.
11. Где больше давление насыщенного пара над плоской поверхностью или над выпуклой? Ответ обосновать с применением математических выкладок.

2.11. Основы электрохимии

2.11.1 Содержание темы

Электрохимические процессы в технологии изготовления ЭС и МЭА. Общие понятия электрохимии и определения. Действие электрического тока на электролит. Электростатическая теория сильных электролитов. Электролиз. Законы Фарадея. Электрохимический потенциал, условие электрохимического равновесия. Уравнение Нернста. Строение двойного электрического слоя. Энергия активации процесса ионизации и разряда. Ток ионизации и разряда. Электродный потенциал, классификация электродов. Электродная поляризация. Классификация электрохимических цепей. Стадии электрохимического процесса. Электрохимическая и электродная поляризация. Электрохимическое и ионно-плазменное травление и анодирование.

[7, с. 311–436; 8, с. 14–76; 3, с. 225–281; 5, с. 68–88; 11, с. 14–36].

2.11.2. Методические указания

В электрохимии изучаются процессы взаимного превращения химической энергии в электрическую или наоборот. Одним из наиболее важных понятий является понятие "электродный потенциал". Необходимо усвоить, как он возникает и от каких факторов зависит его значение, каким способом и при каких условиях определяется значение стандартного электродного по-

тенциала. Следует знать, что такое ряд напряжений. По положению металла в этом ряду уметь характеризовать его восстановительные или окислительные свойства. Необходимо ознакомиться с принятой классификацией электродов (первого, второго рода).

При электролизе электрическая энергия, получаемая от внешнего источника тока, вызывает протекание реакции окисления (растворения) на аноде и восстановление (осаждение) на катоде. Законы электролиза позволяет считать количества выделившихся (растворившихся или изменивших валентность) на электродах веществ. Необходимо уметь составлять уравнения, электродных процессов при электролизе водных растворов. Для этого необходимо знать, в какой последовательности происходит разряд ионов на катоде и аноде, что такое потенциал разложения.

При соприкосновении двух электропроводящих фаз образуется двойной электрический слой и возникает разность электрических потенциалов. Закономерности протекания процесса коррозии определяются как свойствами металла и среды, так и строением двойного электрического слоя. Общие условия равновесия на заряженных границах раздела фаз, строение двойного электрического слоя, механизм и кинетические возможности перехода заряженных частиц через межфазные границы изучаются в разделе теоретической электрохимии - электрохимическая кинетика.

2.11.3. Вопросы для самопроверки

1. Что такое потенциал, стандартный электродный потенциал?
2. Что такое ряд напряжений?
3. Какие типы электродов вы знаете?
4. Что такое гальванический элемент, электролитическая ячейка?
5. Что такое электролиз?
6. Сформулируйте законы Фарадея.
7. Какие процессы протекают при электролизе на аноде и катоде?
8. Что такое выход по току?
9. Что такое электрохимический эквивалент?
10. Объясните суть электрохимического и ионо-плазменного травления?
11. От каких факторов зависит скорость ионо-плазменного травления?
12. Приведите примеры использования электрохимических процессов (осаждения, растворения вещества) и ионо-плазменных процессов в технологии ЭС и МЭА.
13. Дайте понятие электродного потенциала. Какие виды электродов вы знаете?
14. Приведите основные положения адсорбционной теории (по Штерну)
15. Опишите явления концентрационной и электрохимической поляризации, чем они обусловлены?

2.12. Растворы электролитов

2.12.1. Содержание темы

Электролитическая диссоциация, количественная теория сильных электролитов. Электропроводность электролитов и методы ее измерения. [8, с. 33–37; 3, с.234–246; 5, с. 52–64; 2, с. 211–255].

2.12.2. Методические указания

Зависимость свойств растворов только от числа частиц растворенного вещества послужила основанием для физической теории растворов и позволила понять свойства разбавленных растворов электролитов.

При изучении темы необходимо усвоить, что называется степенью диссоциации, пределы ее изменения, зависимость её от концентрации раствора. Надо знать, как записывается выражение для константы диссоциации, от чего зависит константа диссоциации, как она связана с концентрацией и степенью диссоциации.

2.12.3. Вопросы для самопроверки

1. Какие вещества называют электролитами?
2. По каким признакам относят электролиты к сильным или слабым.
3. От каких параметров зависит константа диссоциации?
4. Что означают термины «удельная электропроводность», «эквивалентная электропроводность», какова их размерность?
5. Каковы основные положения теории Аррениуса?
6. Какова современная концепция описания электролитов любого типа?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной

1. Неорганическая химия: учебник для ВУЗов: в 3 т. Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии / под редакцией Ю.Д. Третьякова. – М.: Академия, 2004. – 240 с.
2. Горшков, В.И. Основы физической химии / В.И. Горшков, И.А. Кузнецов. – М., Физтехмат, 2006. – 407 с.
3. Стромберг, А.Г. Физическая химия: учебник для вузов по химическим специальностям / А.Г. Стромберг. – М., Высшая школа, 2006. – 526 с.
4. Томилин, В. И. Физико – химические основы технологии электронных средств: учебник / В.И. Томилин. – М., Академия, 2010. – 416 с.
5. Миомандр, Ф. Электрохимия / Ф. Миомандр; пер. с французского. – М., Физтехмат, 2008. – 359 с.

Дополнительный

6. Жуховицкий, А.А. Физическая химия: учебник для вузов / А.А. Жуховицкий. – М.: Литература, 2001. – 688 с.

7. Ипполитов, Е.Г. Физическая химия: учебник для вузов / Е.Г. Ипполитов. – М.: Академия, 2005. – 448 с.
8. Лукомский, Ю. Я. Физико – химические основы электроники: учебник / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 424 с.
9. Курс физической химии / под ред. Я.И. Герасимова. – М.: Химия, 1969. – Т. 1. – 592 с.; Т. 2. – 656 с.
10. Ролдугин, В.И. Физикохимия поверхности: учебник-монография / В.И. Ролдугин. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 565 с.
11. Забейворота, Н.С. Физико-химические основы в технологии ЭС: учебное пособие / Н.С. Забейворота. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998. – 40 с.

Техн. редактор *А.В. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 24.12.2012. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 0,93. Тираж 30 экз. Заказ 416/561.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.