

# **ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

## **программа курса для студентов биологического факультета МГУ**

### **Предисловие**

Физическая химия представляет собой теоретический фундамент современной химии, широко используемой для исследования процессов в биологических системах.

Программа содержит перечень основных вопросов тех разделов физической химии, которые наиболее необходимы биологам, и предназначена для студентов II курса (3 семестр) биологического факультета. Обучение студентов физической химии обеспечивается коллективом преподавателей кафедры физической химии химического факультета МГУ.

В 3 семестре изучается материал феноменологической термодинамики, включающий термодинамику растворов, а также фазовые и химические равновесия. Завершается семестр изучением электрохимии и химической кинетики. Основной материал излагается в лекциях (36 часов) и разбирается на семинарских занятиях (36 часов). Изучение курса заканчивается экзаменом.

Задача предлагаемого курса – раскрыть смысл основных законов, научить студента видеть области применения этих законов, понимать их прикладные возможности при решении конкретных задач. Многие важные детали, необходимые для успешной сдачи зачета и экзамена, студенты могут изучить самостоятельно при работе с рекомендуемыми учебниками.

Настоящая программа не является планом лекций и семинаров, их компоновка может быть различной и не всегда соответствует последовательности разделов, представленных в программе.

### **Основы химической термодинамики**

Основные понятия термодинамики: система, состояние системы, внутренняя энергия системы, термодинамические переменные (параметры). Экстенсивные и интенсивные переменные. Обобщенные координаты и обобщенные силы. Функции состояния. Термодинамический процесс. Постулат о существовании температуры (нулевой закон термодинамики). Первый закон (первое начало) термодинамики, его формулировки и аналитическое выражение. Температурные шкалы. Уравнения состояния (УС). УС идеальных и реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. УС в вириальной форме.

Взаимные превращения теплоты и работы для различных процессов. Энтальпия. Иллюстрации значения I начала термодинамики для изучения биологических процессов. Теплоемкости веществ и их термодинамическое определение. Зависимость теплоемкости от температуры. Вычисление работы расширения в адиабатических процессах.

Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния. Энтальпии и теплоты образования. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгоффа.

Второе начало термодинамики. Энтропия как функция состояния. Расчет изменения энтропии для различных процессов. Статистический характер второго начала. Энтропия и термодинамическая вероятность. Фундаментальное уравнение Гиббса (объединенное уравнение первого и второго начала).

Характеристические функции и их свойства. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Соотношения Максвелла и их использование для различных термодинамических расчетов. Химический потенциал. Химический потенциал газа. Летучесть реальных газов.

## **Растворы**

Термодинамика растворов. Идеальные и неидеальные растворы. Закон Рауля и закон Генри.

Коллигативные свойства растворов. Криоскопия и эбулиоскопия. Осмотические явления. Уравнение Вант-Гоффа, его термодинамический вывод. Биологическое значение осмотического давления. Метод активностей.

Стандартные состояния. Термодинамическая классификация растворов. Парциальные мольные величины. Уравнение Гиббса – Дюгема.

## **Фазовые равновесия**

Фазовые равновесия. Определение фазы, компонента, степени свободы. Правило фаз Гиббса.

Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды и  $\text{CO}_2$ . Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клайперона – Клаузиуса.

Двухкомпонентные системы. Равновесие жидкость-пар.

## **Химическое равновесие**

Химические равновесия. Условия равновесия. Закон действующих масс и его термодинамический вывод. Различные константы равновесия и связь между ними.

Химическое равновесие в идеальных и реальных системах. Активности и коэффициенты активности. Расчеты выходов химических реакций с помощью констант равновесия.

Изотерма химической реакции Вант-Гоффа. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнение изобары (изохоры) Вант-Гоффа.

Термодинамические расчеты констант равновесия. Гетерогенные химические равновесия. Зависимость равновесного состава от температуры и давления (иллюстрация принципа Ле Шателье).

## **Химическая кинетика и катализ**

Скорость химической реакции. Основной постулат химической кинетики (закон действующих масс). Порядок и молекулярность реакций. Методы определения порядка реакции и константы скорости химической реакции.

Простые и сложные химические реакции. Кинетические уравнения односторонних реакций нулевого, первого, второго и более высокого порядка.

Важность использования кинетических уравнений формальной кинетики для исследования биологических процессов на примере фармакокинетики. Константа элиминации и время полувыведения в фармакокинетики.

Кинетика сложных реакций и их классификация. Анализ кинетических кривых последовательных реакций первого порядка. Метод стационарных концентраций Боденштейна. Применение его для вывода кинетических уравнений.

Обратимые реакции как частный случай последовательных реакций. Кинетическое уравнение обратимой реакции первого порядка. Кинетическое определение константы равновесия химической реакции. Квазиравновесные приближения.

Параллельные (конкурирующие) реакции первого порядка. Анализ кинетических кривых для двух параллельных реакций первого порядка.

Сопряженные реакции (последовательно-конкурирующие реакции) как пример смешанных классов сложных реакций.

Понятие о цепных и фотохимических реакциях.

Влияние температуры на скорость химической реакции. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Определение ее из экспериментальных данных.

Основные понятия катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Катализаторы. Особенности ферментативного катализа.

Ферментативная кинетика. Уравнение Михаэлиса.

## Электрохимия

Электролиты и неэлектролиты. Коллигативные свойства электролитов. Изотонические коэффициенты. Основные положения теории электролитической диссоциации по Аррениусу. Степень диссоциации электролитов. Константа диссоциации слабого электролита. Закон разведения Оствальда.

Электропроводность растворов электролитов. Удельная и эквивалентная электропроводность и их зависимость от концентрации. Числа переносов ионов. Подвижность ионов и закон Кольрауша.

Современные представления о свойствах сильных электролитов. Понятие об активности электролитов и ионов. Коэффициенты активности.

Электродные процессы. Гальванический элемент. Электрохимические цепи, правила их записи. Обратимые электрохимические цепи. Электродвижущая сила гальванического элемента (ЭДС).

Формула Нернста для ЭДС и электродных потенциалов. Стандартные электродные потенциалы некоторых электродов в водных растворах. Электроды сравнения.

## Рекомендуемая литература

1. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Основы физической химии. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
2. Эткинс П. Физическая химия. М.: Мир, 1980 (в двух томах).
3. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии. Теория и задачи. М.: Экзамен, 2005.
4. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии (в двух томах). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.
5. Чанг О. Физическая химия с приложениями к биологическим системам. М.: Мир, 1980.
6. Тиноко И., Зауэр К., Вэнг Дж., Паглиси Дж. Физическая химия. Принципы и применение в биологических науках. М.: Техносфера, 2005.

Программа составлена  
проф. Кузьменко Н.Е.  
доц. Рыжовой О.Н.