

## **ПРОГРАММА**

кандидатского экзамена по специальности 02.00.04 - *Физическая химия*,  
отрасли наук *Химические науки*,

аспиранта *Самаркиной Дарьи Александровны*,

выполняющего научно-исследовательскую работу по теме:

*«Супрамолекулярные системы на основе катионных ПАВ, содержащих природный фрагмент: агрегационные свойства и комплексообразование с биомолекулами»*

## I. Строение вещества

1. *Основы классической теории химического строения.* Основные положения классической теории химического строения. Структурная формула и граф молекулы. Изомерия. Конформации молекул. Связь строения и свойств молекул.

2. *Физические основы учения о строении молекул.* Механическая модель молекулы. Потенциалы парных взаимодействий. Методы молекулярной механики и молекулярной динамики при анализе строения молекул.

Общие принципы квантово-механического описания молекулярных систем. Стационарное уравнение Шредингера для свободной молекулы. Адиабатическое приближение. Электронное волновое уравнение.

Потенциальные кривые и поверхности потенциальной энергии. Их общая структура и различные типы. Равновесные конфигурации молекул. Структурная изомерия. Оптические изомеры.

Колебания молекул. Нормальные колебания, амплитуды и частоты колебаний, частоты основных колебательных переходов. Колебания с большой амплитудой.

Вращение молекул. Различные типы молекулярных волчков. Вращательные уровни энергии.

Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Электронные конфигурации и термы атомов. Правило Хунда. Электронная плотность. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах. Корреляционные орбитальные диаграммы. Теорема Купманса. Пределы применимости одноэлектронного приближения.

Интерпретация строения молекул на основе орбитальных моделей и исследования распределения электронной плотности. Локализованные молекулярные орбитали. Гибридизация.

Электронная корреляция в атомах и молекулах. Её проявления в свойствах молекул. Метод конфигурационного взаимодействия.

Представления о зарядах на атомах и порядках связей. Различные методы выделения атомов в молекулах. Корреляции дескрипторов электронного строения и свойств молекул. Индексы реакционной способности. Теория граничных орбиталей.

3. *Симметрия молекулярных систем.* Точечные группы симметрии молекул. Понятие о представлениях групп и характеристиках представлений. Общие свойства симметрии волновых функций и потенциальных поверхностей молекул. Классификация квантовых состояний атомов и молекул по симметрии. Симметрия атомных и молекулярных орбиталей,  $\sigma$ - и  $\pi$ -орбитали.  $\pi$ -Электронное приближение.

Влияние симметрии равновесной конфигурации ядер на свойства молекул и их динамическое поведение. Орбитальные корреляционные диаграммы. Сохранение орбитальной симметрии при химических реакциях.

4. Электрические и магнитные свойства. Дипольный момент и поляризуемость молекул. Магнитный момент и магнитная восприимчивость. Эффекты Штарка и Зеемана. Магнитно-резонансные методы исследования строения молекул. Химический сдвиг.

Оптические спектры молекул. Вероятности переходов и правила отбора при переходах между различными квантовыми состояниями молекул. Связь спектров молекул с их строением. Определение структурных характеристик молекул из спектроскопических данных.

5. Межмолекулярные взаимодействия. Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.

6. Основные результаты и закономерности в строении молекул. Строение молекул простых и координационных неорганических соединений. Полиядерные комплексные соединения. Строение основных типов органических и элементоорганических соединений. Соединения включения. Полимеры и биополимеры.

7. Строение конденсированных фаз. Структурная классификация конденсированных фаз. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Кристаллы с неполной упорядоченностью. Доменные структуры.

Симметрия кристаллов. Кристаллографические точечные группы симметрии, типы решеток, сингонии. Понятие о пространственных группах кристаллов. Индексы кристаллографических граней.

Атомные, ионные, молекулярные и другие типы кристаллов. Цепочечные, каркасные и слойстые структуры.

Строение твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Аморфные вещества. Особенности строения полимерных фаз.

Металлы и полупроводники. Зонная структура энергетического спектра кристаллов. Поверхность Ферми. Различные типы проводимости. Колебания в кристаллах. Фононы.

Жидкости. Мгновенная и колебательно усреднённая структура жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Флуктуации и корреляционные функции. Структура простых жидкостей. Растворы неэлектролитов. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов.

Мицеллообразование и строение мицелл.

Мезофазы. Пластические кристаллы. Жидкие кристаллы (нематики, смектики, холестерики и др.).

8. Поверхность конденсированных фаз. Особенности строения поверхности кристаллов и жидкостей, структура границы раздела конденсированных фаз. Молекулы и кластеры на поверхности. Структура адсорбционных слоев.

## II. Химическая термодинамика

### *Основные понятия и законы термодинамики*

1. Основные понятия термодинамики: изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, температура, интенсивные и экстенсивные переменные. Уравнения состояния. Теорема о соответственных состояниях. Вириальные уравнения состояния.

2. *Первый закон термодинамики.* Теплота, работа, внутренняя энергия, энталпия, теплоемкость. Закон Гесса. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгоффа. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах.

3. *Второй закон термодинамики.* Энтропия и её изменения в обратимых и необратимых процессах. Теорема Карно – Клаузиуса. Различные шкалы температур.

Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Уравнения Maxwell'a. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов.

Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Работа и теплота химического процесса. Химические потенциалы.

4. *Химическое равновесие.* Закон действующих масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Изотерма Вант-Гоффа. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Расчеты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций. Приведенная энергия Гиббса и её использование для расчетов химических равновесий. Равновесие в поле внешних сил. Полные потенциалы.

### *Элементы статистической термодинамики*

Микро- и макросостояния химических систем. Фазовые Г- и  $\mu$ -пространства. Эргодическая гипотеза. Термодинамическая вероятность и её связь с энтропией. Распределение Maxwell'a – Больцмана.

Статистические средние значения макроскопических величин. Ансамбли Гиббса. Микро-каноническое и каноническое распределения. Расчет числа состояний в квазиклассическом приближении.

Каноническая функция распределения Гиббса. Сумма по состояниям как статистическая характеристическая функция. Статистические выражения для основных термодинамических функций. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная, вращательная, электронная и колебательная суммы по состояниям. Статистический расчет энтропии. Постулат Планка и абсолютная энтропия.

Приближение «жесткий ротатор – гармонический осциллятор». Составляющие внутренней энергии, теплоёмкости и энтропии, обусловленные поступательным, вращательным и колебательным движением.

Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики. Статистическая термодинамика реальных систем. Потенциалы межмолекулярного взаимодействия и конфигурационный интеграл для реального газа.

Распределения Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака. Вырожденный идеальный газ. Электроны в металлах. Уровень Ферми. Статистическая теория Эйнштейна идеального кристалла, теория Дебая. Точечные дефекты кристаллических решеток. Равновесные и неравновесные дефекты. Вычисление сумм по состояниям для кристаллов с различными точечными дефектами. Нестехиометрические соединения и их термодинамическое описание.

### ***Элементы термодинамики необратимых процессов***

Основные положения термодинамики неравновесных процессов. Локальное равновесие. Флуктуации. Функция диссипации. Потоки и силы. Скорость производства энтропии. Зависимость скорости производства энтропии от обобщенных потоков и сил. Соотношения взаимности Онсагера. Стационарное состояние системы и теорема Пригожина.

Термодиффузия и её описание в неравновесной термодинамике. Уравнение Чепмена – Энского.

### ***Растворы. Фазовые равновесия***

*Различные типы растворов.* Способы выражения состава растворов. Идеальные растворы, общее условие идеальности растворов. Давление насыщенного пара жидкого раствора, закон Рауля. Неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение.

Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент растворов. Симметричная и несимметричная системы отсчета.

Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания растворов, криоскопия. Зонная плавка. Осмотические явления. Парциальные мольные величины, их определение для бинарных систем. Уравнение Гиббса – Дюгема.

Функция смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, атермальные и регулярные растворы, их свойства.

*Гетерогенные системы.* Понятия компонента, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса.

Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора и углерода. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.

Двухкомпонентные системы. Различные диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Равновесие жидкость – пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса – Коновалова. Азеотропные смеси.

Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста.

Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса. Диаграммы плавкости трехкомпонентных систем.

### ***Адсорбция и поверхностные явления***

**Адсорбция.** Адсорбент, адсорбат. Виды адсорбции. Структура поверхности и пористость адсорбента. Локализованная и делокализованная адсорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Динамический характер адсорбционного равновесия.

Изотермы и изобары адсорбции. Уравнение Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Ленгмюра. Адсорбция из растворов. Уравнение Брунауэра – Эмета – Теллера (БЭТ) для полимолекулярной адсорбции. Определение площади поверхности адсорбента.

Хроматография, различные её типы (газовая, жидкостная, противоточная и др.).

**Поверхность раздела фаз.** Свободная поверхностная энергия, поверхностное натяжение, избыточные термодинамические функции поверхностного слоя. Изменение поверхностного натяжения на границе жидкость – пар в зависимости от температуры. Связь свободной поверхностной энергии с теплотой сублимации (правило Стефана), модулем упругости и другими свойствами вещества.

Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности твердых тел вследствие снижения их поверхностной энергии.

**Капиллярные явления.** Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Капиллярная конденсация. Зависимость растворимости от кривизны поверхности растворяющихся частиц (закон Гиббса – Оствальда – Фрейндлиха).

### ***Электрохимические процессы***

**Растворы электролитов.** Ион-дипольное взаимодействие, как основной процесс, определяющий устойчивость растворов электролитов. Коэффициенты активности в растворах электролитов. Средняя активность и средний коэффициент активности, их связь с активностью отдельных ионов. Основные положения теории Дебая – Хюккеля. Потенциал ионной атмосферы.

Условия электрохимического равновесия на границе раздела фаз и в электрохимической цепи. Термодинамика гальванического элемента. Электродвижущая

сила, её выражение через энергию Гиббса реакции в элементе. Уравнения Нернста и Гиббса – Гельмгольца для равновесной электрохимической цепи. Понятие электродного потенциала. Определение коэффициентов активности на основе измерений ЭДС гальванического элемента.

Электропроводность растворов электролитов; удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса, подвижность ионов и закон Кольрауша. Электрофоретический и релаксационные эффекты.

### III.

## Кинетика химических реакций

### Химическая кинетика

1. *Основные понятия химической кинетики.* Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Основной постулат химической кинетики. Способы определения скорости реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции. Реакции переменного порядка.

2. *Феноменологическая кинетика* сложных химических реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций. Квазистационарное приближение. Метод Боденштейна – Тёмкина. Кинетика гомогенных каталитических и ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса – Ментен.

Цепные реакции. Кинетика неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях. Полуостров воспламенения, период индукции. Тепловой взрыв.

Реакции в потоке. Реакции идеального вытеснения и идеального смешения. Колебательные реакции.

3. *Макрокинетика.* Роль диффузии в кинетике гетерогенных реакций. Кинетика гетерогенных каталитических реакций. Различные режимы протекания реакций (кинетическая и внешняя кинетическая области, области внешней и внутренней диффузии).

4. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы её определения.

5. *Элементарные акты химических реакций* и физический смысл энергии активации. Термический и нетермические пути активации молекул. Обмен энергией (поступательной, вращательной и колебательной) при столкновениях молекул. Время релаксации в молекулярных системах.

Теория активных столкновений. Сечение химических реакций. Формула Траутца – Льюиса. Расчет предэкспоненциального множителя по молекулярным постоянным. Стерический фактор.

Теория переходного состояния (активированного комплекса). Поверхность потенциальной энергии. Путь и координата реакции. Статистический расчет константы скорости. Энергия и энтропия активации. Использование молекулярных постоянных при расчете константы скорости.

6. *Различные типы химических реакций.* Мономолекулярные реакции в газах, схема Линдемана – Христиансена. Теория РРКМ. Бимолекулярные и тримолекулярные реакции, зависимость предэкспоненциального множителя от температуры.

Реакции в растворах, влияние растворителя и заряда реагирующих частиц. Клеточный эффект и сольватация.

Фотохимические и радиационнохимические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Эксимеры и эксиплексы. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход. Закон Эйнштейна – Штарка.

7. Электрохимические реакции. Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя. Теория Гуи – Чапмена – Грэма.

Электрокапплярные явления, уравнение Липпмана.

Скорость и стадии электродного процесса. Поляризация электродов. Полярография. Ток обмена и перенапряжение. Зависимость скорости стадии разряда от строения двойного слоя.

Химические источники тока, их виды. Электрохимическая коррозия. Методы защиты от коррозии.

### ***Катализ***

8. *Классификация катализитических реакций и катализаторов.* Теория промежуточных соединений в катализе, принцип энергетического соответствия.

9. *Гомогенный катализ.* Кислотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гамметта. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Брёнстеда. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций.. Специфический и общий основной катализ. Нуклеофильный и электрофильный катализ.

Катализ металлокомплексными соединениями. Гомогенные реакции гидрирования, их кинетика и механизмы.

10. *Ферментативный катализ.* Адсорбционные и каталитические центры ферментов. Активность и субстратная селективность ферментов. Коферменты. Механизмы ферментативного катализа.

11. *Гетерогенный катализ.* Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Неоднородность поверхности

катализаторов, нанесенные катализаторы. Энергия активации гетерогенных катализитических реакций.

Современные теории функционирования гетерогенных катализаторов.

Основные промышленные катализитические процессы.

**IV. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
02.00.04 - Физическая химия**

1. Введение в супрамолекулярную химию. Понятия супрамолекулярной химии. Движущие силы образования супрамолекул.
2. Природа супрамолекулярных взаимодействий: ион-ионные взаимодействия, ион-дипольные взаимодействия, диполь-дипольные взаимодействия, водородная связь, катион-π-взаимодействия, π- π -стэкинг- взаимодействия, Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия, гидрофобный эффект.
3. Поверхностно-активные вещества (ПАВ), их классификация. Мицеллообразование в водных растворах ПАВ. Гидрофобный эффект. Особенности образования мицелл в низкополярных средах.
4. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Влияние на ККМ структуры амфи菲尔ного соединения (длины углеводородного радикала, природы головной группы), электролитов, температуры, растворителя. Методы определения ККМ.
5. Основные физико-химические методы исследования мицеллообразования и свойств агрегатов.
6. Прямые и обращенные мицеллы. Числа агрегации, размер и форма мицеллярных частиц. Двойной электрический слой ионных мицелл, степень связывания противоионов, влияние природы противоионов на структуру мицеллярных агрегатов. Структурные перестройки мицеллярных агрегатов.
7. Явление солюбилизации. Место расположения и ориентация солюбилизованных молекул в мицелле. Природа взаимодействий при солюбилизации.
8. Понятие о димерных ПАВ. Классификация димерных амфи필ов: болаформные и геминальные ПАВ. Основные преимущества димерных ПАВ перед их классическими аналогами.
9. Амфифилы с биосовместимым фрагментом, их особенности и преимущества.
10. Функциональная активность супрамолекулярных систем: применение в качестве наноконтейнеров для доставки лекарственных средств и генного материала. Системы доставки на основе ПАВ и липидов. Липосомы: структура, получение, применение.
11. Комплексообразование в бинарных системах катионные ПАВ-биомолекулы (ДНК, ОНу, белок БСА). Движущие силы образования комплексов. Применение в современных нанотехнологиях..

## **Рекомендуемая литература (к разделам I-III)**

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир. 1979. – 568 с.
2. Бажин Н.М. и др. Термодинамика для химиков: Учебник для вузов / М.: Химия, 2001. - 408 с.
3. Байрамов В.М. Основы электрохимии: Уч. пособие. - М.: Изд. центр "Академия", 2005. - 240 с.
4. Бейдер Р. Атомы в молекулах: Квантовая теория. - М.: Мир, 2001. - 532 с.
5. Бердett Дж. Химическая связь / Пер. с англ. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 245 с.
6. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. М.: Наука, 1986. – 303 с.
7. Воронин, А.И. и др. Динамика молекулярных реакций.. - М.: Наука, 1990. - 420 с.
8. Горшков, В.И. Основы физической химии: учеб./ В.И. Горшков, И.А. Кузнецов. – 4-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 407 с.
9. Грибов, Л.А. Элементы квантовой теории строения и свойств молекул: учебное пособие / Л.А. Грибов. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 310 с.
10. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. - Москва, Химия, 2001. 623 с.
11. Деффейс, К. Удивительные наноструктуры / К. Деффейс, С. Деффейс; под. ред. Л.Н. Патрикеева. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 206 с.: ил.
12. Кругляков, П.М. Физическая и коллоидная химия / П.М. Кругляков, Т.Н. Хаскова. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2007. – 319 с.: ил.
13. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие. М: Академкнига, 2004. – 679 с.
14. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Квантовая химия органических соединений. Механизмы реакций. М.: Химия. 1986. – 246 с.
15. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул (Электронные оболочки). М.: Высш. Школа, 1979. – 467 с.
16. Миомандр Ф. и др. Электрохимия. - М.: Техносфера, 2008. - 360 с.
17. Мюнстер А. и др. Химическая термодинамика / Пер. с нем. Агеев Е.П. - М.: УРСС, 2002. - 295 с.
18. Накамура А., Цуцуи М. Принципы и применение гомогенного катализа. М.: Химия, 1983. – 231 с.
19. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. М.: Химия, 1985. – 590 с.
20. Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии / Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков. –М.: АСТ, 2003. – 683 с.
21. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. М.: Мир, 2002. – 461 с.
22. Ролдугин, В.И. Физикохимия поверхности: Учебник-монография / В.И. Ролдугин. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2008. – 568 с.
23. Романовский Б.В. Основы химической кинетики: учебник. – М.: Издательство

«Экзамен», 2006. -415 с.

24. РСтромберг А.Г. , Семченко Д.П. Физическая химия: М.: Высш. шк., 1988. – 496 с.
25. Скопенко В.В. и др. Координационная химия: Учеб.пособие. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 487 с.
26. Суздалев, И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздалев. – Изд. 2-е, испр. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 200 с.
27. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии: Учебное пособие. - М.: Академия, 2006. - 238 с.
28. Темкин О.Н. Гомогенный металлокомплексный катализ. Кинетические аспекты / О.Н.Темкин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. – 918 с.
29. Тоуб, М. Механизмы неорганических реакций: пер.с англ. / М. Тоуб, Дж. Берджесс; под ред. А.А. Дроздова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 678 с.: ил.
30. Уманский, С.Я. Теория элементарных химических реакций / С.Я. Уманский. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. – 408 с.
31. Умрихин В.А. Физическая химия: Учебное пособие. - М.: КДУ, 2009. - 232 с.
32. Физическая и коллоидная химия: Учебник / ред. А.П. Беляев. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 700 с.: ил., табл.
33. Хенрици-Оливэ Г., Оливэ С. Координация и катализ. М.: Мир, 1980. – 421 с.
34. Хмельницкий, Р.А. Физическая и коллоидная химия: Учебн. для с.-х. спец. вузов / Р.А. Хмельницкий. - 2-е изд., стер., перепечатка с первого издания 1988 года. – М.: ООО «Издательский Дом Альянс», 2009. – 400 с.: ил.
35. Цирельсон, В.Г. Квантовая химия. Молекулярные системы и твёрдые тела: Учеб. пособие для вузов / В.Г. Цирельсон. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 496 с.: цв. ил. – (Учебник для высшей школы).
36. Чоркendorф, И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чонкердорф, Х.Наймантсведрайт. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 504 с.
37. Щеголев, И.Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики: учебное пособие / И.Ф. Щеголев. – 2-е изд., испр. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 208 с.
38. Эмануэль Н. М., Кнопре Д. Г. Курс химической кинетики. М.: Высшая школа. 1984. – 463 с.
39. Эткинс П. Физическая химия. В 2-х т. - М.: Мир, 1980.
40. Ягодовский В.Д. Статистическая термодинамика в физической химии. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 495 с.

### **Рекомендуемая литература (к разделу IV)**

1. Дж. В. Стид, Дж. Л. Этвуд. Супрамолекулярная химия. М.: Академкнига. 2007.
2. Фендлер Е., Фендлер Дж. Мицеллярный катализ в органических реакциях. Кинетика и механизм. // Методы и достижения в физико-органической химии. / Под ред. Белецкой И.П.: пер. с англ. М.: Мир. 1973. 222-361 с.
3. Березин И.В., Мартинек К. Основы физической химии ферментативного катализа. М.: Высшая школа. 1977. 280 с.
4. Березин И.В., Мартинек К., Яцимирский А.К. Физико-химические основы мицеллярного катализа. // Успехи химии. 1973. Т. 42. № 10. 1729-1756 с.
5. Русанов А.И. Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ. СПб.: Химия. 1992. 280 с.
6. Смирнова Н.А. Фазовое поведение и формы самоорганизации растворов смесей поверхностно-активных веществ. // Успехи химии. 2005. Т. 74. № 2. 138-154 с.
7. Menger F.M., Keiper J.S. Gemini Surfactants. // Angew. Chem. Int. Ed. 2000. V. 39. P.1906-1920.
8. Fuhrhop, J.-H., Wang, T. Bolaamphiphiles. // Chem. Rev. V. 104. № 6. P. 2901-2937.
9. Hayes, D.G., Kitamoto D., Solaiman D. K. Y., Ashby and R. D. Biobased Surfactants and Detergents: Synthesis, Properties, and Applications. Champaign, IL: AOCS Press. 2009. P. 3-25.
10. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмulsionи. / Под ред. Миттел К.: пер. с англ. М.: Мир, 1980. 597 с.
11. Шинода К., Накагава Т., Тамамуси Б., Исемура Т. Коллоидные поверхностно-активные вещества. М.: Мир. 1966. 319 с.
12. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепция и перспективы. Пер. с англ. Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН. 1998. 334 с.
13. Холмберг К., Йёнссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах // Пер. с англ. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2007. 528 с.
14. Bhadani Av., Misono T., Singh S., Sakai K., Sakai H., Abe M. Structural diversity, physicochemical properties and application of imidazolium surfactants: Recent advances // Adv. Colloid Interface Sci. 2016. V. 231. P. 36-58.
15. Molecular Encapsulation: Organic Reactions in Constrained Systems – Wiley. 2010. – P. 14.
16. Захарова Л. Я., Коновалов А. И. Супрамолекулярные системы на основе катионных поверхностно-активных веществ и амфифильных макроциклов // Коллоидн. ж. 2012. №2, 209-221 с.
17. Zakharova L.Ya., Kashapov R.R., Pashirova T.N., Mirgorodskaya A.B., Sinyashin O.G. (focus article) Self-assembly strategy for the design of soft nanocontainers with controlled properties // Mendeleev Commun. 2016. V.26, №6.- P.457-468.
18. Grumezescu A. Encapsulations, 1st edition Ed., Academic Press, 2016. P. 924.
19. Grumezescu A., Andronescu E. Nanostructures for Drug Delivery, 1st edition Ed., Academic Press. 2017. P. 1024.