


**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова
Российской академии наук
(ИБХ РАН)**

СОГЛАСОВАНО:
Ученый совет ИБХ РАН
Протокол № 9 от «2» ноября 2022г.



Ученый секретарь
д.ф.-м.н. В.А. Олейников
от «2» ноября 2022г.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИБХ РАН



академик А.Г.Габибов
от «2» ноября 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

**Шифр и наименование
группы научных специальностей:**
1.4. Химические науки

Уровень высшего образования: подготовка научных
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения: очная

Москва – 2022

Рабочая программа разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ в аспирантуре (Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951), утвержденными Учебным планом аспирантов на основании решения Учёного совета (Протокол № 9 от 02.11.2022 г.).

1. Краткая аннотация

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: учение о строении вещества, химическая термодинамика, теория поверхностных явлений, учение об электрохимических процессах, теория кинетики химических реакций и учение о катализе. Программа дисциплины «Физическая химия» составлена таким образом, чтобы сформировать углубленные современные знания об этом разделе науки.

2. Объем программы и виды учебной работы

Объём программы составляет 108 академических часов (3 зачётных единицы). Лекционно/семинарские занятия могут проводиться в очной форме или в формате он-лайн на платформе Webinar.ru

3. Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы:

№	Наименование модулей (разделов) дисциплины	Количество аудиторных часов, в том числе:			Самостоятельная работа (час)	Контроль (час)
		лекции	Практич. занятия (семинары)	Лаборатор. работы		
1	Строение вещества. Основы классической теории химического строения. Физические основы учения о строении молекул.	10	4		16	4
2	Химическая термодинамика. Основные понятия и законы термодинамики.	10	4		16	4
3	Кинетика химических реакций. Катализ.	10	4		16	6
	Всего часов	30	16	-	48	14
	Общее количество часов	108				

4. Итоговый контроль

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает 3 (три) теоретических вопроса. Ответ на каждый вопрос оценивается в 100 баллов. Максимальное количество баллов за 3 вопроса - 300. Общая сумма баллов делиться на три.

Форма контроля	Индикаторы	Итоговый результат
Экзамен	Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются глубокие знания базовых нормативно-правовых актов. Соблюдаются нормы литературной речи. Ответ развернутый, уверенный, содержит достаточно четкие формулировки. Оценка “отлично” ставится аспирантам, которые при ответе: обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала; способны творчески применять знание теории к решению профессиональных задач; владеют понятийным аппаратом; подтверждают теоретические постулаты примерами из педагогической практики.	Отлично (80-100%)
	Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи. Оценка “хорошо” ставится аспирантам, которые при ответе: обнаруживают твёрдое знание программного материала; способны применять знание теории к решению задач профессионального характера; допускают отдельные погрешности и неточности при ответе.	Хорошо (60-80%)
	Допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи. Оценка “удовлетворительно” ставится аспирантам, которые при ответе: в основном знают программный материал в объёме, необходимом для предстоящей работы по профессии;	Удовлетворительно (40-60%)

	допускают существенные погрешности в ответе на дополнительные вопросы; приводимые формулировки являются недостаточно четкими, в ответах допускаются неточности. Положительная оценка может быть поставлена при условии понимания аспирантом сущности основных категорий по учебно-методическому комплексу и дополнительным вопросам.	
	Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний. Имеются заметные нарушения норм литературной речи. Аспирант не понимает сущности процессов и явлений, не может ответить на простые вопросы типа "что это такое?" и "почему существует это явление?". Оценка "неудовлетворительно" ставится аспирантам, которые при ответе: обнаруживают значительные пробелы в знаниях основного программного материала; допускают принципиальные ошибки в ответе; демонстрируют незнание теории и практики.	Неудовлетворительно (20-40%)

5. Вопросы на экзамен:

1. 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.
3. Общие принципы квантово-механического описания молекулярных систем. Стационарное уравнение Шрёдингера для свободной молекулы. Адиабатическое приближение. Электронное волновое уравнение.
4. Потенциальные кривые и поверхности потенциальной энергии. Их общая структура и различные типы. Равновесные конфигурации молекул. Структурная изомерия. Оптические изомеры.
5. Колебания молекул. Нормальные колебания, амплитуды и частоты колебаний, частоты основных колебательных переходов. Колебания с большой амплитудой.
6. Вращение молекул. Различные типы молекулярных волчков. Вращательные уровни энергии.
7. 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.

8. Корреляционные орбитальные диаграммы. Теорема Купманса. Пределы применимости одноэлектронного приближения.
9. Интерпретация строения молекул на основе орбитальных моделей и исследования распределения электронной плотности. Локализованные молекулярные орбитали. Гибридизация.
10. Электронная корреляция в атомах и молекулах. Её проявления в свойствах молекул. Метод конфигурационного взаимодействия.
11. 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.
12. Симметрия молекулярных систем. Точечные группы симметрии молекул. Понятие о представлениях групп и характерах представлений. Общие свойства симметрии волновых функций и потенциальных поверхностей молекул. Классификация квантовых состояний атомов и молекул по симметрии. Симметрия атомных и молекулярных орбиталей. Электронное приближение.
13. Влияние симметрии равновесной конфигурации ядер на свойства молекул и их динамическое поведение. Орбитальные корреляционные диаграммы. Сохранение орбитальной симметрии при химических реакциях.
14. 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.
15. 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.
16. Межмолекулярные взаимодействия. Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы.
17. Ван-дер-ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.
18. 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.
19. Строение конденсированных фаз. Структурная классификация конденсированных фаз.
20. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Кристаллы с неполной упорядоченностью. Доменные структуры.
21. Симметрия кристаллов. Кристаллографические точечные группы симметрии, типы решеток, сингонии. Понятие о пространственных группах кристаллов. Индексы кристаллографических граней.
22. Атомные, ионные, молекулярные и другие типы кристаллов. Цепочечные, каркасные и слоистые структуры.
23. Строение твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Аморфные вещества. Особенности строения полимерных фаз.

25. Металлы и полупроводники. Зонная структура энергетического спектра кристаллов. Поверхность Ферми. Различные типы проводимости. Колебания в кристаллах. Фононы.
26. 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.
27. Мицеллообразование и строение мицелл.
28. Мезофазы. Пластические кристаллы. Жидкие кристаллы (нематики, смектики, холестерики и др.).
29. 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

30. 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.
31. Первый закон термодинамики. Теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия, теплоемкость. Закон Гесса. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгофа.
32. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах.
33. 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 Максвелла.
34. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов.
35. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Работа и теплота химического процесса. Химические потенциалы.
36. 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.
37. Микро- и макросостояния химических систем. Фазовые Г- и μ -пространства. Эргодическая гипотеза. Термодинамическая вероятность и её связь с энтропией. Распределение Максвелла – Больцмана.
38. Статистические средние значения макроскопических величин. Ансамбли Гиббса. Микроканоническое и каноническое распределения. Расчет числа состояний в квазиклассическом приближении.
39. 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.

40. Постулат Планка и абсолютная энтропия. Приближение «жесткий ротатор – гармонический осциллятор». Составляющие внутренней энергии, теплоёмкости и энтропии, обусловленные поступательным, вращательным и колебательным движением.
41. Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики. Статистическая термодинамика реальных систем. Потенциалы межмолекулярного взаимодействия и конфигурационный интеграл для реального газа.
42. 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.
43. 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.
44. Термодиффузия и её описание в неравновесной термодинамике. Уравнение Чепмена – Энского.
45. Различные типы растворов. Способы выражения состава растворов. Идеальные растворы, общее условие идеальности растворов. Давление насыщенного пара жидких растворов, закон Рауля. Неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение.
46. 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 молярные величины, их определение для бинарных систем. Уравнение Гиббса – Дюгема.
47. Функция смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, атермальные и регулярные растворы, их свойства.
48. Гетерогенные системы. Понятия компонента, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса.
49. Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора и углерода. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
50. Двухкомпонентные системы. Различные диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Равновесие жидкость – пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса – Коновалова. Азеотропные смеси.
51. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста.
52. Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса. Диаграммы плавкости трехкомпонентных систем.
53. Адсорбция. Адсорбент, адсорбат. Виды адсорбции. Структура поверхности и пористость адсорбента. Локализованная и делокализованная адсорбция.

Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Динамический характер адсорбционного равновесия.

54. 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.
55. Хроматография, различные её типы (газовая, жидкостная, противоточная и др.).
56. 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.
57. Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности твердых тел вследствие снижения их поверхностной энергии.
58. Капиллярные явления. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Капиллярная конденсация. Зависимость растворимости от кривизны поверхности растворяющихся частиц (закон Гиббса – Оствальда – Фрейндлиха).
59. 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.
60. 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.
61. Электропроводность растворов электролитов; удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса, подвижность ионов и закон Кольрауша. Электрофоретический и релаксационные эффекты.

III. Кинетика химических реакций

62. Химическая кинетика. 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.
63. 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.
64. 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.
65. Реакции в потоке. Реакции идеального вытеснения и идеального смешения. Колебательные реакции.
 66. 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).
 67. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы её определения.
 68. 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.
 69. Теория активных столкновений. Сечение химических реакций. Формула Траутца – Льюиса. Расчет предэкспоненциального множителя по молекулярным постоянным. Стерический фактор.
 70. Теория переходного состояния (активированного комплекса). Поверхность потенциальной энергии. Путь и координата реакции.
 71. Статистический расчет константы скорости. Энергия и энтропия активации. Использование молекулярных постоянных при расчете константы скорости.
 72. Различные типы химических реакций. Мономолекулярные реакции в газах, схема Линдемана – Христиансена. Теория РРКМ. Бимолекулярные и тримолекулярные реакции, зависимость предэкспоненциального множителя от температуры.
 73. Реакции в растворах, влияние растворителя и заряда реагирующих частиц. Клеточный эффект и сольватация.
 74. Фотохимические и радиационнохимические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Эксимеры и эксиплексы. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход. Закон Эйнштейна – Штарка.
 75. Электрохимические реакции. Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя. Теория Гуи – Чапмена – Грэма.
 76. Электрокапллярные явления, уравнение Липпмана. Скорость и стадии электродного процесса. Поляризация электродов. Полярография. Ток обмена и перенапряжение. Зависимость скорости стадии разряда от строения двойного слоя.
 77. Химические источники тока, их виды. Электрохимическая коррозия. Методы защиты от коррозии.
 78. Катализ. Классификация каталитических реакций и катализаторов. Теория промежуточных соединений в катализе, принцип энергетического соответствия.
 79. Гомогенный катализ. Кисотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гаммета. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Брэнстеда. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций. Специфический и общий основной катализ. Нуклеофильный и электрофильный катализ.

80. Катализ металлокомплексными соединениями. Гомогенные реакции гидрирования, их кинетика и механизмы.
81. Ферментативный катализ. Адсорбционные и каталитические центры ферментов. Активность и субстратная селективность ферментов. Коферменты. Механизмы ферментативного катализа.
82. 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 каталитических реакций.
83. Современные теории функционирования гетерогенных катализаторов. Основные промышленные каталитические процессы.

6. Литература:

Раздел 1.

Основная литература:

1. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. (2 изд.) Ростов-на-Дону.: Феникс. 1997.
2. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. М.: Высш. шк. 1987.
3. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы. М.: Высш. шк. 1989.
4. Степанов Н.Ф., Пупышев В.И. Квантовая механика молекул и квантовая химия. М.: Изд-во МГУ. 1991.
5. Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия. М.: Мир, Изд-во МГУ . 2001.

Вспомогательная литература:

1. Фларри Р. Квантовая химия. М.: Мир. 1985.

Раздел 2.

Основная литература:

1. О.М. Полторак. Химическая термодинамика.
2. Н.А. Смирнова. Статистическая термодинамика.
3. Р.Эткинс. Физическая химия т.1,2.

Вспомогательная литература:

1. Г.Ф. Воронин. Химическая термодинамика.

Раздел 3.

Основная литература:

1. Амис Э., Влияние растворителя на скорость и механизм химических реакций, М., Мир, 1978.
2. Бендер М., Бергерон Р., Комияма М., Биоорганическая химия ферментативного катализа, М., Мир, 1987.
3. Березин И.В., Клесов А.А., Практический курс химической и ферментативной кинетики, М., Изд-во МГУ, 1976.
4. Березин И.В., Мартинек К., Основы физической химии ферментативного катализа, М., Высшая школа, 1977.
5. Боженко К.В., Ягодовский В.Д., Кинетика элементарных химических реакций, М., Изд-во РУДН, 2003.
6. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ, М., Наука, 1988.
7. Вилков Л.В., Пентин Ю.А., Физические методы исследования в химии, М., Высшая школа, 1987.

8. Вудворд Р., Хоффман Р., Сохранение орбитальной симметрии, М., Мир, 1971.
9. Глестон С., Лейдлер К., Эйринг Г., Теория абсолютных скоростей реакций, М., Издательство, 1948.
10. Денисов Е.Т., Кинетика гомогенных химических реакций, М., Высшая школа, 1978.
11. Денисов Е.Т., Саркисов О.М., Лихтенштейн Г.И., Химическая кинетика, М., Химия, 2000.
12. Кондратьев В.Н., Никитин Е.Е., Резников С.Я., Уманский С.Я., Термические бимолекулярные реакции в газах, М., Наука, 1976.
13. Крылов О.В., Гетерогенный катализ, М., Академкнига, 2004.
14. Пригожин И., Кондепуди Д., Современная термодинамика, М., Мир, 2002.
15. Пурмаль А.П., Простов В.Н., Химическая кинетика, М., Изд-во МФТИ, 1999. Романовский Б.В. Основы химической кинетики, М.: Экзамен, 2006.
16. Романовский Б.В. Основы катализа, М.: Бином, 2013.
17. Тёмкин О.Н. Гомогенный металлокомплексный катализ. Кинетические аспекты, М., Академкнига, 2008.
18. Физическая химия. Под ред. Краснова К.С. т.1,2. 3-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2001.
19. Чоркендорф И., Наймондсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика, (пер с англ.), М., Интеллект, 2010.
20. Эвери Г., Основы кинетики и механизма химических реакций, М., Мир, 1978.
21. Эйринг Г., Лин С.Г., Лин С.М., Основы химической кинетики, М., Мир, 1983.
22. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г., Курс химической кинетики, М., Высшая школа, 1983.
23. Эткинс П., де Паула Дж. Физическая химия. М.: Мир, 2007.
24. Ягодовский В.Д., Статистическая термодинамика, М., Изд-во РУДН, 2000.

Вспомогательная литература:

1. Пахомов Н.А. Научные основы приготовления катализаторов. Введение в теорию и практику, Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2011.
2. Помогайло А.Д., Джардималиева Г.И. Мономерные и полимерные карбоксилаты металлов, М., Физматлит, 2009.
3. Ола Дж., Гепперт А., Пракаш С. Метанол и энергетика будущего, (пер с англ.), М., Бином, 2009.
4. Комиссаров Г.Г. Фотосинтез: физико-химический подход, М., Едиториал УРСС, 2003.
5. Лисичкин Г.В., Фадеев А.Ю. Химия привитых поверхностных соединений, М., Физматлит, 2003.

7. Программное обеспечение

- Microsoft Office Professional Plus 2010 / Из внутренней сети ИБХ РАН
- Microsoft Windows 7 Professional RUS / Из внутренней сети ИБХ РАН
- Mozilla Firefox / Свободное лицензионное соглашение

8. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

- Consultant Plus
- Garant system
- Библиотека ИБХ РАН

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины - типы аудиторий - оснащение аудиторий

- Персональный компьютер
- Набор демонстрационного оборудования

Может включать в себя: мультимедийный проектор, проекционный экран, доску, презентационный ноутбук и другие средства демонстрации учебного контента. Допускается использование для проведения занятий переносного набора демонстрационного оборудования.

- Доска
- Экран
- Специализированная мебель
- Наличие беспроводного доступа в Интернет по сети Wi-Fi