

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук
(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

С.В. Иванов

2022 г.



Программа
вступительного испытания для приема на обучение
по программам высшего образования – программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по дисциплине

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

по научной специальности 1.4.4. Физическая химия

Санкт-Петербург
2022

Handwritten signature

1. Рекомендуемая структура экзамена

- 1.1. Письменный ответ на три вопроса из списка экзаменационных вопросов.
- 1.2. Беседа с членами приемной комиссии по этим вопросам и вопросам, связанным со специальностью и будущим научным исследованием.

2. Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена

2.1. Строение вещества

Элементарные частицы, образующие атомное ядро и атом. Основные характеристики атомного ядра. Элементы. Нуклиды и изотопы. Атомная единица массы и число Авогадро. Дефект массы. Радиоактивный распад. Ядерные реакции. Меченые атомы. Атом водорода и водородоподобные частицы. Волновая функция и состояние электрона в атоме. Вероятность, плотность вероятности, радиальная функция распределения. Атомные орбитали. Квантовые числа и их физический смысл. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Электронные конфигурации атомов и периодическая система элементов. Правило Хунда. Потенциал ионизации. Сродство к электрону.

Химическая связь в ионе H^{2+} . Молекулярные орбитали. Длина связи. Энергия связи. Двухатомные частицы: ионы и молекулы, состоящие из элементов I- и II-го периодов. σ - и π -связи. Энергетическая диаграмма молекулярных орбиталей. Правила заполнения молекулярных орбиталей электронами. Кратность (порядок) связи. Двухэлектронные связи в многоатомных молекулах. Геометрическое строение молекул с точки зрения гибридизации и метода отталкивания валентных электронных пар. Многоцентровые молекулярные орбитали. Электронодефицитные частицы. Сопряженные кратные связи. Теория кристаллического поля. Расщепление d-орбиталей в октаэдрическом и тетраэдрическом полях. Теория поля лигандов. Комплексные соединения.

Диполь. Дипольный момент связи. Электроотрицательность атомов. Факторы, влияющие на дипольный момент молекулы. Поляризуемость молекул. Поляризация вещества. Диэлектрическая постоянная. Магнитный момент частиц. Парамагнетизм и диамагнетизм. Ван-дер-ваальсовы взаимодействия. Ковалентные и ван-дер-ваальсовы радиусы атомов. Модели молекул. Водородная связь. Взаимодействие ионов.

Газы, жидкости, твердые тела, кристаллы. Пространственная решетка. Простейшие ионные, атомные и металлические решетки (решетка хлористого натрия, алмаза, кубические, гранецентрированные и плотноупакованные решетки). Рентгеноструктурный анализ, уравнение Вульфа-Брэгга. Дефекты в реальных кристаллах. Электронная

структура кристаллов. Модель свободных электронов в металлах. Зонная теория твердых тел. Металлическая проводимость. Изоляторы и полупроводники. Уровень Ферми. Электронная и дырочная проводимость.

Электромагнитное излучение и вещество. Физическая сущность и информативность методов: электронной спектроскопии, колебательной и вращательной спектроскопии, магнитной радиоспектроскопии. Электронный парамагнитный резонанс и свободные радикалы. Ядерный магнитный резонанс: химический сдвиг и расщепление сигналов.

2.2. Химическая термодинамика

Первое начало термодинамики и его приложение к химическим процессам. Закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия, энтальпия, теплота и работа. Функции состояния и процесса. Взаимодействие теплоты, работы и изменения внутренней энергии. Изменения энтальпии и внутренней энергии в процессах в идеальном газе. Связь тепловых эффектов при постоянном объеме и при постоянном давлении. Термодинамическое обоснование закона Гесса. Применение закона Гесса для расчета тепловых эффектов. Стандартные состояния вещества. Теплоты образования из простых веществ и теплоты сгорания соединений. Их применение для вычисления тепловых эффектов. Теплоемкость, зависимости теплоемкости от температуры. Зависимости тепловых эффектов от температуры. Уравнение Кирхгофа. Расчеты тепловых эффектов. Термохимия, калориметрические методы определения тепловых эффектов.

Второе начало термодинамики и его приложение к химическим процессам. Термодинамические функции. Термодинамическая обратимость и необратимость процессов. Работа и теплота обратимого процесса. Энтропия. Аналитические выражения второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Применение энтропии как критерия равновесия и направления самопроизвольных процессов в изолированных системах. Изменение энтропии в различных процессах. Термодинамические свойства газов и газовых смесей. Постулат Планка. Расчет абсолютной энтропии вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях. Расчет изменения энтропии химических реакций по справочным данным при различных температурах. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Расчеты энергии Гиббса и Гельмгольца по справочным величинам. Уравнения максимальной работы Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал и общие условия равновесия систем. Химический потенциал для идеальных газов.

Статистическое истолкование второго начала термодинамики. Понятие о термодинамической вероятности состояния системы. Статистическая формулировка второго

начала термодинамики. Уравнение Больцмана-Планка, связывающее энтропию и термодинамическую вероятность. Распределение частиц идеального газа по энергиям в состоянии равновесия. Понятие суммы состояний.

2.3 Химическое равновесие. Термодинамический расчет реакционных систем

Парциальные молярные величины, их определение по экспериментальным данным и путем интегрирования уравнения Гиббса - Дюгема. Химический потенциал, его значение для компонента идеального газа, идеального раствора, предельно разбавленного раствора и для реальных систем. Понятие об активности и фугитивности. Уравнение изотермы реакции. Константа равновесия. Уравнение изобары и изохоры. Расчет равновесного состава реакционной смеси. Влияние внешних условий на равновесие. Принцип Ле-Шателье. Выбор оптимальных условий для проведения реакции. Вычисление константы равновесия при различных температурах по уравнению изобары реакции, по приведенным энергиям Гиббса и по методу Темкина и Шварцмана.

2.4 Фазовые равновесия и свойства растворов

Основные понятия: фаза, составляющее вещество и компонент системы, термодинамические степени свободы. Правило фаз Гиббса. Условия равновесия фаз. Фазовые переходы. Сосуществование фаз. Диаграмма состояния. Принципы анализа диаграмм состояния. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса, его использование для расчета фазовых равновесий в однокомпонентных системах. Фазовые диаграммы однокомпонентных систем. Диаграмма состояния воды.

Закон Рауля для идеальных и предельно разбавленных растворов. Учет диссоциации растворенного вещества. Растворимость газов, закон Генри. Температуры замерзания и кипения растворов, криоскопия и эбулиоскопия. Уравнение Шредера. Осмотическое давление растворов. Обратный осмос, его использование для очистки стоков и опреснения воды. Определение степени и константы диссоциации слабых электролитов, кажущейся степени диссоциации и коэффициента активности сильных электролитов по опытному значению изотонического коэффициента. Определение молярной массы органических веществ методами криоскопии и эбулиоскопии.

Образование растворов электролитов. Сольватация и ассоциация. Теория гидратации. Теория активностей Дебая-Хюккеля. Обобщенные теории кислот и оснований Бренстеда, Льюиса. Кисотно-основные свойства неводных растворов и расплавов.

Диаграммы состояния двухкомпонентных систем жидкость – пар с полной взаимной растворимостью компонентов в жидкой фазе. Идеальные системы. Расчет

диаграммы по закону Рауля. Первый закон Коновалова. Нода. Правило рычага. Разгонка жидких смесей. Понятие о ректификации. Отклонения от идеальности. Азеотропия. Второй закон Коновалова. Диаграммы систем с полной взаимной нерастворимостью компонентов в жидкой фазе. Перегонка с водяным паром. Диаграммы систем жидкость – жидкость. Экстракция, закон распределения Нернста. Классификация механизмов и основные закономерности процессов экстракции. Диаграммы систем жидкость – пар с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в жидкой фазе.

Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с полной взаимной нерастворимостью компонентов в твердой фазе. Метод дифференциально-термического анализа. Построение диаграмм. Расчет диаграмм по уравнению Шредера. Твердые растворы, ограниченный и неограниченный изоморфизм. Системы с твердыми растворами: идеальные, с минимумом температуры плавления, эвтектического и перитектического типов. Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися соединениями. Проявление на диаграммах полиморфных превращений и расщепления жидкой фазы. Определение тепловых эффектов фазовых превращений по методу Таммана.

2.5 Электрохимические равновесия

Равновесия в растворах электролитов. Образование растворов электролитов. Сильные и слабые электролиты. Теория электролитической диссоциации. Константа и степень электролитической диссоциации. Закон разбавления Оствальда. Зависимость степени диссоциации от концентрации, температуры, природы растворителя. Термохимические эффекты в растворах электролитов. Электролитическая диссоциация воды. Недостатки теории электролитической диссоциации. Теория межионного взаимодействия. Понятие активности и коэффициента активности. Ионная сила раствора. Термодинамические основы теории межионного взаимодействия. Теория Дебая-Гюккеля. Модель раствора электролита по Дебаю-Хюккелю. Расчет энергии межионного взаимодействия и коэффициентов активности. Уравнения, связывающие коэффициент активности с ионной силой растворов. Ион - ионное взаимодействие в концентрированных растворах, ассоциация ионов.

Электрическая проводимость электролитов. Основные механизмы переноса тока в растворах, расплавах и твердых электролитах. Удельная, эквивалентная и молярная электрическая проводимость. Зависимость электрической проводимости слабых и сильных электролитов от концентрации и температуры. Подвижность ионов, их зависимость от температуры, природы ионов и вязкости растворителя. Вывод основных соотношений электрической проводимости. Числа переноса и методы их определения. Методы

экспериментального измерения электрической проводимости электролитов. Кондуктометрия. Классическая теория электрической проводимости электролитов. Теория электрической проводимости Дебая-Онзагера. Коэффициент электрической проводимости. Эффекты в электролитах в условиях электрической проводимости. Аномалии электрической проводимости. Диффузия в растворах электролитов. Законы Фика.

Термодинамика ЭДС. Равновесные электродные потенциалы. Термодинамическое выражение для равновесного электродного потенциала. Электроды Электрохимических систем и их классификация. Электрохимические системы: физические, концентрационные, химические. Потенциометрия. Расчет термодинамических величин на основе измеренных обратимых ЭДС. Механизм образования ЭДС и природа электродного потенциала. Скачки потенциала в электрохимических системах. Выражение ЭДС и электродного потенциала через алгебраическую сумму гальвани- и вольта-потенциалов. Электрокапиллярные явления. Теории и строение двойного электрического слоя на границе раздела электрод-электролит.

2.6. Химическая кинетика и катализ

Формальная кинетика простых реакций. Теории химической кинетики. Кинетическая классификация химических реакций. Понятие о скорости химической реакции, механизме реакции. Формальная и молекулярная кинетика. Методы экспериментального изучения кинетики химических реакций. Основной постулат химической кинетики. Константа скорости. Порядок и молекулярность реакции. Кинетически необратимые реакции первого, второго, третьего и нулевого порядков. Период полураспада. Интегральные и дифференциальные методы определения порядка и константы скорости простых реакций. Зависимость скорости и константы скорости химической реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Методы определения энергии, активации, предэкспоненциального множителя из опытных кинетических данных. Теория замедленного разряда водорода. Уравнение Тафеля. Полярография.

Гомогенный и ферментативный катализ. Особенности явления катализа и свойства катализаторов (катализ и химическое равновесие, активность, селективность катализаторов). Влияние катализаторов на кинетические параметры реакций. Гомогенный катализ. Классификация гомогенно-каталитических реакций. Роль образования промежуточных соединений. Уравнение кинетики гомогенно-каталитических реакций. Промежуточные соединения Аррениуса и Вант-Гоффа. Металлокомплексный и кислотно-основной катализ. Автокатализ и ингибирование в гомогенно-каталитических реакциях. Ферментативный катализ. Основные представления о строении ферментов. Причины их

высокой активности и селективности. Коферменты. Кинетика ферментативных реакций. Применение ферментативного катализа в новых отраслях химической технологии.

Адсорбция и гетерогенный катализ. Особенности гетерогенно-каталитических процессов. Роль хемосорбции в каталитическом акте. Природа активных центров и поверхностных промежуточных соединений. Промотирование и отравление катализаторов. Стадии гетерогенно-каталитических процессов. Механизм гетерогенного катализа. Мультиплетная теория. Принципы геометрического и энергетического соответствия. Теория активных ансамблей. Понятие об электронной теории гетерогенного катализа. Гетерогенный катализ в химической технологии.

3. Вопросы к вступительному экзамену

1. Вычисление энергии ионной связи в индивидуальной молекуле. Энергия ионной кристаллической решетки. Уравнение Борна. Цикл Габера-Борна.
2. Основные квантово-механические представления об атомах (уравнение де Бройля, принцип Гейзенберга, волновая функция, уравнение Шредингера и результаты его решения для атома водорода и водородоподобных ионов).
3. Основы метода молекулярных орбиталей. Атомные и молекулярные термы. Гибридизация. Пространственное строение молекул.
4. Поляризация полярных и неполярных молекул в постоянном и переменном электрических полях. Уравнения Клаузиуса-Мосотти, Дебая, Лоренц-Лорентца. Использование молекулярной рефракции и дипольных молекул для определения строения молекул.
5. Вращательные спектры. Применение вращательных спектров поглощения для определения молекулярных констант для двухатомных и линейных многоатомных молекул.
6. Определение собственной частоты, коэффициента ангармоничности и энергии химической связи на основании колебательного спектра поглощения. Число и типы нормальных колебаний.
7. Спектры комбинационного рассеяния, их сопоставление с ИК-спектрами.
8. Первый закон термодинамики. Теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия, теплоемкость. Закон Гесса.
9. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгофа. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах.

10. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее изменения в обратимых и необратимых процессах. Различные шкалы температур.
11. Характеристические функции. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца.
12. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Работа и теплота химического процесса.
13. Химические потенциалы. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними.
14. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Расчеты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций.
15. Коллигативные свойства растворов твердых нелетучих веществ в жидкости. Осмос. Осмотическое давление. Изотонический коэффициент: определение, физический смысл. Вывод аналитического выражения для изотонического коэффициента слабого электролита.
16. Коллигативные свойства растворов твердых нелетучих веществ в жидкости. Понижение температуры замерзания. Аналитическое выражение, связывающее понижение температуры замерзания со свойствами раствора. Криоскопическая постоянная и ее физический смысл. Влияние диссоциации на понижение температуры замерзания. Определение молярной массы твердых нелетучих веществ криоскопическим методом.
17. Коллигативные свойства растворов твердых нелетучих веществ в жидкости. Повышение температуры кипения. Графическое обоснование явления. Аналитическая связь повышения температуры кипения со свойствами раствора. Эбулиоскопическая постоянная и ее физический смысл. Влияние диссоциации на температуру кипения.
18. Фазовые равновесия. Классификация. Понятие фазы: определение, примеры. Составляющие: определение, примеры. Число компонентов. Вариантность системы и условная вариантность системы. Связь между вариантностью и числом фаз и компонентов.
19. Фазовые равновесия. Классификация. Агрегатное состояние и фаза. Гетерогенные и гомогенные системы. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса.
20. Диаграммы состояния бинарных систем. Системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и полной взаимной нерастворимостью в твердом состоянии. Уравнение Шредера. Линия ликвидуса и линия солидуса. Правила определения состава сосуществующих фаз. Понятие эвтектики: определение и свойства.

Феноменологическое описание процесса кристаллизации и понижения температуры кристаллизации расплава при добавлении второго компонента. Правило рычага.

21. Термический анализ и диаграмма состояния бинарной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и взаимной нерастворимостью в твердом состоянии. Построение Т - х диаграммы на основе кинетических кривых.

22. Диаграммы состояния бинарных систем. Системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и с образованием химического соединения, плавящегося конгруэнтно. Феноменологическое описание процесса кристаллизации. Правило рычага.

23. Диаграммы состояния бинарных систем. Системы с неограниченной растворимостью в твердом и жидком состоянии. Феноменологическое описание процесса кристаллизации. Правило рычага. Построение Т - х диаграмм методом термического анализа.

24. Диаграммы состояния бинарных систем. Двухкомпонентные системы жидкость - жидкость. Т - х диаграмма ограниченно растворимых друг в друге жидкостей. Виды ограниченно растворимых жидкостей. Описание процесса расслоения ограниченно растворимых жидкостей. Кривая гетерогенизации. Правило рычага.

25. Диаграммы состояния бинарных систем. Взаимно нерастворимые жидкости. Т - х диаграмма системы. Феноменологическое описание процесса испарения. Перегонка с водяным паром и ее теоретическое обоснование.

26. Трехкомпонентные системы. Закон распределения. Константа и коэффициент распределения. Влияние температуры на константу распределения.

27. Экстракция. Виды экстракции. Теоретическое обоснование. Степень извлечения. Эффективность экстракции.

28. Диаграммы состояния бинарных систем. Равновесия пар – жидкий раствор в системах с неограниченной взаимной растворимостью жидкостей. Феноменологическое описание процесса испарения. Первый закон Гиббса - Коновалова.

29. Диаграммы состояния бинарных систем. Равновесия пар – жидкий раствор в системах с неограниченной взаимной растворимостью жидкостей. Феноменологическое описание процесса конденсации. Правило рычага.

30. Диаграммы состояния бинарных систем. Идеальные растворы. Закон Рауля. Т - х диаграмма идеального раствора. Феноменологическое описание процесса испарения идеального раствора. Состав паровой и жидкой фазы. Правило рычага.

31. Диаграммы состояния бинарных систем. Равновесия пар – жидкий раствор в системах с неограниченной взаимной растворимостью жидкостей. Способы разделения неограниченно смешивающихся жидкостей. Простая перегонка.
32. Диаграммы состояния бинарных систем. Равновесия пар – жидкий раствор в системах с неограниченной взаимной растворимостью жидкостей. Разделение неограниченно смешивающихся жидкостей методом фракционной перегонки. Ректификация. Ректификационная колонна.
33. Диаграммы состояния бинарных систем. Равновесия пар – жидкий раствор в системах с неограниченной взаимной растворимостью жидкостей. Жидкости с максимумом или минимумом на кривой зависимости давления насыщенного пара от состава раствора. Второй закон Гиббса-Коновалова.
34. Диаграммы состояния бинарных систем. Равновесия пар – жидкий раствор в системах с неограниченной взаимной растворимостью жидкостей. Азеотропные смеси. Способы разделения азеотропных смесей. Закон Вревского.
35. Электролиты. Растворы электролитов. Диссоциация и ее движущие силы. Влияние растворителя на диссоциацию. Виды растворителей.
36. Диссоциация и гидролиз электролитов. Константа и степень диссоциации. Виды гидролиза.
37. Проводники второго рода. Движение ионов в электрическом поле. Электрическая проводимость. Понятие подвижности. Влияние природы и внешних условий на проводимость раствора электролита.
38. Электрическая проводимость растворов электролитов. Удельная и молярная электропроводность сильных и слабых электролитов. Предельная молярная проводимость. Эффекты торможения носителей. Способы изменения удельной проводимости.
39. Кондуктометрическое определение степени и константы диссоциации. Кондуктометрическое определение растворимости малорастворимых соединений. Кондуктометрическое определение предельной молярной проводимости. Кондуктометрическое титрование сильной кислоты сильным основанием и слабой кислоты сильным основанием.
40. Равновесные электродные процессы. Феноменология возникновения двойного электрического слоя. Электрический потенциал и электродный потенциал. Стандартный окислительно-восстановительный потенциал. Ряд напряжений.
41. Гальванический элемент. Теоретическое обоснование превращения химической энергии в электрическую в гальваническом элементе. Химический и

концентрационный гальванический элемент. Понятие электродвижущей силы. Способы измерения электродвижущей силы.

42. Равновесные электродные процессы. Диффузионный потенциал. Причины возникновения и способы борьбы с диффузионным потенциалом. Цепи с переносом и цепи без переноса.

43. Основное уравнение для электродного потенциала электрода. Вывод и теоретическое обоснование уравнения. Стандартный электродный потенциал. Нормальный водородный электрод.

44. Классификация электродов. Электроды первого рода. Уравнение Нернста для электродов, обратимых относительно катионов.

45. Классификация электродов. Электроды второго рода. Устройство и принцип действия хлорсеребряного электрода. Потенциал хлорсеребряного электрода. Устройство и принцип действия каломельного электрода. Потенциал каломельного электрода.

46. Классификация электродов. Окислительно-восстановительные электроды. Хингидронный электрод: назначение, принцип действия и аналитическое описание его электродного потенциала.

47. Классификация электродов. Ионоселективные электроды. Стекланный электрод: устройство и принцип действия. Электродный потенциал стекланный электрода.

48. Потенциометрия. Потенциометрическое определение термодинамических величин (стандартный изобарный потенциал реакции, стандартная энтропия реакции и тепловой эффект реакции).

49. Потенциометрическое определение термодинамической константы диссоциации.

50. Потенциометрия. Ионметрия и потенциометрическое титрование. Теоретическая основа потенциометрии. Потенциометрическое определение pH раствора.

51. Химическая кинетика. Формальная кинетика. Скорость реакции. Способы описания скорости химической реакции. Кинетическое уравнение. Константа скорости. Порядок реакции. Порядок реакции по веществу. Период полупревращения реакции.

52. Порядок реакции и молекулярность реакции. Реакции первого порядка и мономолекулярные реакции. Механизм химической реакции. Формальная и молекулярная химическая кинетика.

53. Химическая кинетика. Формализм реакций нулевого, первого и второго порядка.

54. Формальная кинетика химических реакций. Порядок реакции. Методы определения порядка химических реакций.
55. Формальная кинетика простейших сложных химических реакций. Параллельные и последовательные необратимые химические реакции.
56. Формальная кинетика простейших сложных химических реакций. Обратимые химические реакции.
57. Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнение Аррениуса. Энергия активации реакции. Теоретическая трактовка констант Аррениуса в разных теориях.
58. Молекулярная кинетика химических реакций. Молекулярность реакции. Основные положения теории активных столкновений. Стерический фактор.
59. Молекулярная кинетика химических реакций. Основные положения теории активированного комплекса.
60. Катализ. Катализ гомогенный и гетерогенный. Общие положения. Классификация.
61. Гомогенный катализ. Определение, основные теоретические модели.
62. Гетерогенный катализ. Определение, основные теоретические модели.

4. Рекомендованная литература

1. Физическая химия в 2-х кн. / под ред. Краснова К.С. М.: Высшая школа.
2. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высшая школа, 2010 г.
3. Курс физической химии / под ред. Герасимова Я.И. Т.1. М.: Химия, 1970 г., Т.2. М.: Химия, 1973 г.
4. Даниэль Ф., Олберти Р. Физическая химия. М.: Мир, 1978 г.
5. Эткинс П., де Паула Дж. Физическая химия. М.: Мир, 2007.
6. Еремин Е.Н. Основы кинетики химических реакций. М.: Высшая школа, 1976.
7. Мелвин-Хьюз Э.А. Физическая химия в 2-х кн. М.: Иностранная литература, 1962.
8. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство. / Под ред. Б.П.Никольского. Изд. 2-е. Л. Химия. 1987.
9. Герасимов Я.И. Курс физической химии. М. 1973.
10. Карапетьянц М.Х. Химическая термодинамика. М.: Химия, 1975.
11. Жуховицкий А.А., Л.А. Шварцман. Физическая химия. М.: Металлургия, 1987.
12. Эммануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. М.: Высшая школа, 1982.

13. Цирельсон В.Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012.

Дополнительная литература

1. Булатов Н.К., Лундин А.Б. Термодинамика необратимых физико-химических процессов. М.: Химия, 1984.
2. Батлер Дж.Н. Ионный равновесия (математическое описание) / Пер. с англ. Л.: Химия, 1973.
3. Киреев В.А. Курс физической химии. М.: Химия, 1975.
4. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия. КолосС, 2008.
5. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Основы теоретической электрохимии. М.: Высшая школа, 1978.
6. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа. М.: Издательский центр «Академия», 2003.
7. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. М.: Химия, 1972.
8. Бенсон С. Основы химической кинетики. М.: Мир, 1964.
9. Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. М.: Высшая школа, 1982.
10. Ягодковский В.Д. Статистическая термодинамика в физической химии. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005.
11. Пармон В.Н. Лекции по термодинамике неравновесных процессов для химиков. Новосибирск: Изд-во Новос. уни-та, 2005.
12. Давыдов А.С. Квантовая механика. М.: Наука, 1973.
13. Заградник Р., Полак Р. Основы квантовой химии. М.: Мир. 1979.
14. Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия. М.: Мир. 2007
15. Абаренков И.В., Братцев В.Ф., Тулуб А.В. Начала квантовой химии. М.: Высшая школа, 1989.

5. Методические указания по подготовке к вступительному экзамену

При подготовке к вступительному экзамену поступающим в аспирантуру лучше всего ориентироваться на лекции, прочитанные преподавателями кафедры по дисциплине «Физическая химия». Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дополнять сведениями из литературных источников, представленных в «Рабочей программе». По каждой из тем, приведенных в рабочей программе дисциплины

«Физическая химия», следует сначала прочитать рекомендованную литературу и, при необходимости, составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.rambler.ru, www.yandex.ru, www.google.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов и обучающих программ, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

Рекомендуются к использованию следующие сайты:

1. Система базы данных Web of Science – webofknowledge.com
2. Российская государственная библиотека - www.rsl.ru
3. Российская национальная библиотека - www.nlr.ru
4. Библиотека Академии наук - www.ras.ru
5. Библиотека по естественным наукам РАН - www.benran.ru
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) - www.viniti.ru
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека - www.gpntb.ru
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - elibrary.ru

Программа разработана:

г.н.с - заведующий лабораторией новых
неорганических материалов, д-р хим. наук Гусаров В.В.

