

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
и правовым вопросам
/Лапшин В.Ф.

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

1.4.4 Физическая химия

Разработчик программы

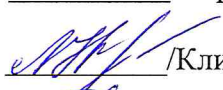
Фамилия, имя, отчество	Ученая степень	Ученое звание	Должность	Подпись
Клименко Любовь Степановна	д.х.н.	—	профессор высшей нефтяной школы	

Согласовано:

Руководитель учебного структурного подразделения

 /Королев М.И.

Руководитель программы аспирантуры

 /Клименко Л.С.

Начальник отдела координации научной деятельности

 /Хопияйнен О.А.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка.
2. Порядок допуска к сдаче кандидатского экзамена по дисциплине «Физическая химия».
3. Процедура проведения кандидатского экзамена по дисциплине «Физическая химия».
4. Содержание кандидатского экзамена по дисциплине «Физическая химия».
5. Перечень вопросов, содержащихся в экзаменационных билетах.
6. Критерии оценивания при проведении кандидатского экзамена по дисциплине «Физическая химия».
7. Список рекомендуемой литературы.
8. Рекомендуемые интернет-ресурсы.

1. Пояснительная записка

Программа кандидатского экзамена разработана в соответствии с федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утв. постановлением Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122, Порядком прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечнем, утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 28.03.2014 № 247, Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утв. приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 24.02.2021 № 118, Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиями их реализации, сроками освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утв. приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20.10.2021 № 951, паспортом научной специальности 1.4.4. «Физическая химия», отрасль наук – химические науки.

2. Порядок допуска к сдаче кандидатского экзамена по дисциплине «Физическая химия»

Для допуска к сдаче кандидатского экзамена по дисциплине «Физическая химия» аспиранту/прикрепленному необходимо успешно пройти промежуточную аттестацию по курсу «Физическая химия» в виде зачета, подтверждающего освоение материала курса.

3. Процедура проведения кандидатского экзамена по дисциплине «Физическая химия»

Кандидатский экзамен по дисциплине «Физическая химия» проводится в форме устного собеседования. Каждый экзаменационный билет включает три вопроса, составленных таким образом, чтобы проверить знание общей тематики дисциплины, отдельных специфичных областей и способности применить знания на практике. После получения экзаменационного билета аспирант/прикрепленный получает 40 минут на подготовку своего ответа. За указанное время разрешается пользоваться справочными материалами. Ответ аспиранта/прикрепленного должен содержать основные тезисы и аргументы, рекомендуется привести необходимые формулы, схемы, расчеты и иллюстрации. Время устного ответа составляет около 15–20 минут, включая вопросы комиссии и обсуждение представленных решений. Помимо основного экзаменационного билета комиссия вправе задать уточняющие вопросы по рассматриваемым проблемам, проверить глубину понимания пройденного материала, осведомленность о современных исследованиях и достижениях в соответствующей области.

Основными критериями оценивания являются точность и обоснованность изложения материала, умение ясно выражать мысли, способность вести дискуссию, наличие творческих идей и инициатив в исследовательском подходе. Итоговая оценка формируется путем совместного обсуждения членов экзаменационной комиссии и фиксируется в итоговом протоколе.

4. Содержание кандидатского экзамена по дисциплине «Физическая химия»

1. Введение

1.1 Предмет физической химии. Понятие о физико-химических системах.

1.2 Связь физической химии с другими химическими и химико-технологическими дисциплинами. Значение физической химии для развития химической технологии.

1.3 Методы исследования физико-химических систем.

1.4 Основные проблемы и задачи физической химии.

1.5 Термодинамический и кинетический подходы к описанию физико-химических систем на микро- и макроуровнях.

2. Начала термодинамики. Термодинамические функции.

2.1 Предмет и задачи термодинамики. Основные понятия термодинамики: система, теплота, работа, внутренняя энергия.

2.2 Первый закон термодинамики. Тепловой эффект изохорного и изобарного процессов. Понятие об энтальпии. Теплоемкость, ее использование для расчетов тепловых эффектов процессов. Расчет теплоемкости газов и твердых тел по Эйнштейну, Дебаю, Нейманну и Коппу. Расчет тепловых эффектов химических реакций. Закон Гесса. Стандартные энтальпии образования соединений. Тепловые эффекты реакций в растворах. Стандартные энтальпии образования ионов. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.

2.3 Второе начало термодинамики. Понятие об энтропии. Определение энтропии через термодинамическую вероятность. Закономерности изменения энтропии.

2.4 Третье начало термодинамики. Вычисление энтропии. Энтропия ионов в растворах. Учение о химическом сродстве. Термодинамические потенциалы Гельмгольца и Гиббса, их вычисление. Определение направления протекания химических реакций.

3. Химическое равновесие. Термодинамический расчет реакционных систем

3.1 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.

3.2 Понятие об активности и фугитивности. Уравнение изотермы реакций.

3.3 Константа равновесия. Расчет равновесного состава реакционной смеси.

3.4 Влияние внешних условий на равновесие. Принцип Ле-Шателье. Выбор оптимальных условий для проведения реакций.

3.5 Вычисление константы равновесия при различных температурах по уравнению изобары реакции, по приведенным энергиям Гиббса, по методу Темкина и Шварцмана.

4. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах

4.1 Основные понятия: фаза, составляющее вещество, компонент системы, термодинамические степени свободы.

4.2 Правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Его использование для расчета фазовых равновесий в однокомпонентных системах. Фазовые диаграммы в однокомпонентных системах. Диаграмма состояния воды.

5. Термодинамические свойства растворов.

5.1 Закон Рауля для идеальных и предельно разбавленных растворов. Учет диссоциации растворенного вещества.

5.2 Растворимость газов, законы Генри и Сивертса.

5.3 Температуры замерзания и кипения растворов, криоскопия и эбуллиоскопия. Определение молярной массы органических веществ методом криоскопии и эбуллиоскопии.

5.4 Уравнение Шредера. Осмотическое давление растворов. Обратный осмос, его использование для очистки стоков и опреснения воды.

5.5 Определение степени и константы диссоциации слабых электролитов, кажущейся степени диссоциации и коэффициента активности сильных электролитов по экспериментально полученному значению изотонического коэффициента.

5.6 Образование растворов электролитов. Сольватация и ассоциация. Теория гидратации.

5.7 Теория активностей Дебая-Хюккеля.

5.8 Обобщенные теории кислот и оснований Бренстеда-Льюиса, Пирсона. Кислотно-основные свойства неводных растворов и расплавов.

6. Фазовые равновесия в неконденсированных системах.

6.1 Диаграммы-состояния двухкомпонентных систем жидкость – пар с полной взаимной растворимостью компонентов жидкой фазе. Идеальные системы. Расчет диаграммы по закону Рауля.

6.2 Первый закон Коновалова. Нода. Правило рычага. Разгонка жидких смесей. Понятие о ректификации. Отклонения от идеальности. Азеотропия.

6.3 Второй закон Коновалова. Диаграммы систем с полной взаимной нерастворимостью компонентов в жидкой фазе. Пероегонка с водяным паром. Диаграммы систем жидкость – жидкость.

6.4 Экстракция. Закон распределения Нернста. Классификация механизмов и основные закономерности экстракции, действие высаливателя и разбавителя, самовысаливание и влияние pH. Диаграмма систем жидкость – пар с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в жидкой фазе.

7. Фазовые равновесия в конденсированных системах.

7.1 Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с полной взаимной нерастворимостью компонентов в твердой фазе. Метод дифференциально-термического анализа. Построение диаграмм. Расчет диаграмм по уравнению Шредера.

7.2 Твердые растворы, ограниченный и неограниченный изоморфизм. Системы с твердыми растворами: идеальные, с минимумом температуры плавления, эвтектического и перитектического типов.

7.3 Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися соединениями. Проявление на диаграммах полиморфных превращений и расслаивания жидкой фазы. Определение тепловых эффектов фазовых превращений по методу Таммана.

8. Электрохимические равновесия

8.1 Термодинамическая теория ЭДС. Удельная и эквивалентная электропроводность. Подвижность ионов. Факторы, определяющие подвижность ионов.

8.2 Определение качества воды, константы диссоциации слабых электролитов, предельной электропроводности ионов и растворимости соединений кондуктометрическим методом.

8.3. Термодинамика электрохимических систем. Электродный потенциал. Гальванический элемент. Уравнение Нернста. Типы электродов. Определение коэффициента активности электролитов, растворимости соединений, константы устойчивости комплексов, константы равновесия окислительно-восстановительной реакции потенциометрическими методами.

8.4 Ионометрия. Диаграммы Пурбе.

9. Химическая кинетика.

9.1 Формальная кинетика. Порядок реакции и способы его определения.

9.2 Кинетика сложных гомогенных, фотохимических, цепных и гетерогенных реакций. Зависимость скорости реакции от температуры.

9.3 Энергия активации. Теория активных столкновений и переходного состояния (активированного комплекса).

9.4 Механизм гомогенного и гетерогенного катализа. Ферментативный катализ.

9.5 Кинетика электрохимических процессов. Поляризация электродов. Диффузионное и электрохимическое перенапряжение.

5. Перечень вопросов, содержащихся в экзаменационных билетах.

1. Дайте определение предмета физической химии и назовите её основные задачи.
2. Чем различаются физико-химические системы от классических физических объектов?
3. Какие типы физико-химических систем существуют и как они характеризуются?
4. Какое место занимает физическая химия среди наук и почему она является пограничной дисциплиной?
5. Перечислите основные научные школы и направления современной физической химии.
6. Сформулируйте первый закон термодинамики и дайте интерпретацию этому закону.
7. Объясните второй закон термодинамики и укажите его приложения в исследовании химических процессов.
8. Дайте определение внутренней энергии и теплоты в рамках термодинамики.
9. В чём заключается физический смысл энтропии и как она влияет на ход химических реакций?
10. Сформулируйте третий закон термодинамики и расскажите о его последствиях для расчёта абсолютных значений энтропии.
11. Когда наступает химическое равновесие и какие факторы влияют на его достижение?
12. Расскажите о принципе Ле Шателье и примерах его применения.
13. Напишите выражение для стандартной свободной энергии Гиббса (ΔG°) и объясните его значение.
14. Выведите формулу закона действующих масс для газовых смесей и обсудите её ограничения.
15. Связаны ли стандартная свободная энергия и константа равновесия химической реакции? Если да, то как?
16. В чём состоит правило фаз Гиббса и как оно применяется к однокомпонентным системам?
17. Нарисуйте и интерпретируйте фазовую диаграмму воды.
18. Что представляет собой линия кипения на графике зависимости давления насыщенного пара от температуры?
19. Как определить критическую точку однокомпонентной системы и какое важное свойство она отражает?
20. Что означает термин "тройная точка" и почему эта точка уникальна для каждого вещества?
21. Какие факторы приводят к отклонению растворов от идеальности?
22. Приведите реальный пример бинарного раствора и объясните, почему наблюдаются положительные и отрицательные отклонения от идеальности.
23. Какие термодинамические функции важны для количественного описания свойств растворов?
24. Изменяется ли теплоёмкость и объём при формировании раствора? Если да, то почему?
25. Что определяет активность компонентов в растворе и как она связана с составом раствора?
26. Используя правило фаз Гиббса, вычислите количество степеней свободы в бинарной газовой смеси при фиксированной температуре и давлении.
27. Опишите фазовую диаграмму бинарной системы А-В и объясните различия между линиями ликвидуса и солидуса.
28. Где встречается эвтектическая точка и почему она имеет большое значение в металлургии?
29. Почему важно изучение фазовых диаграмм двухкомпонентных систем для технологии переработки веществ?

30. В чём отличие полного и ограниченного взаимного растворения компонентов в неидеальных растворах?

6. Критерии оценивания при проведении кандидатского экзамена по дисциплине «Физическая химия».

Результат оценки экзамена	Критерии оценки экзамена
«отлично»	Показано глубокое и уверенное знание материала, свободно используются специальные термины, легко даются правильные и исчерпывающие ответы на вопросы комиссии, демонстрируются навыки самостоятельного научного анализа и творческой постановки проблем.
«хорошо»	Достаточно высокий уровень знаний, материал представлен ясно и логично, но встречаются незначительные неточности или отсутствие детализации. Есть способность эффективно решать стандартные задачи, дополнять ответы собственными соображениями.
«удовлетворительно»	Имеются пробелы в знаниях, допущены некоторые ошибки, особенно в детальном разборе сложных вопросов. Материал воспроизведён неполно, присутствует общая ориентированность, но отсутствует творческий подход и глубокие познания.
«неудовлетворительно»	Отсутствует полноценное представление основ материала, заметны грубые ошибки, непонимание сути многих вопросов, слабо развиты навыки решения практических задач, большие трудности при ответах на дополнительные вопросы комиссии.

7. Список рекомендуемой литературы.

1. Мюнстер, Арнольд. Химическая термодинамика = Chemische Thermodynamic / А. Мюнстер ; пер. с нем. Е. П. Агеева ; под редакцией Я. И. Герасимова. - 3-е издание. - Москва : Либроком, 2010. - 295 с. : рис. - Библиография: с. 292-293. : - ББК 24.5322.317 Рубрики: Химическая термодинамика Научные издания.
2. Дерябин, Владимир Андреевич. Физическая химия дисперсных систем : учебное пособие для вузов / В. А. Дерябин, Е. П. Фарафонтова, Е. А. Кулешов. - Москва : Юрайт, 2022. - 86 с. - (Высшее образование). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. Ссылка: <https://urait.ru/bcode/493408>
3. Бажин, Н. М. Термодинамика для химиков : учебник / Н. М. Бажин, В. Н. Пармон. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 612 с. Ссылка: <https://e.lanbook.com/book/206717>
4. Ларичкина, Н. И. Физическая и коллоидная химия. Практикум : учебное пособие / Н. И. Ларичкина, А. В. Кадимова. - Новосибирск : НГТУ, 2019. - 100 с. Ссылка: <https://e.lanbook.com/book/152342>

8. Рекомендуемые интернет-ресурсы.

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>;
2. Образовательная платформа Юрайт <https://urait.ru>;
3. ЭБС «Znaniium» <http://znaniium.com>;

4. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com;>
5. СПС КонсультантПлюс [http://www.consultant.ru/;](http://www.consultant.ru/)
6. СПС Гарант [http://garant.ugrasu.ru/.](http://garant.ugrasu.ru/)