

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)»**

УТВЕРЖДАЮ:
Ответственный секретарь
Приемной комиссии


«15» января 2026 г.

Скрытний В.И.

**Программа вступительного испытания
по специальной дисциплине**

Нанохимия и химическая технология наноматериалов

Научная специальность
1.4.4 «Физическая химия»

Форма обучения
очная

Москва, 2026

Оглавление

1. Общие положения	2
2. Вопросы для подготовки к первой части вступительного испытания	3
3. Материалы для подготовки ко второй части вступительного испытания	6

1. Общие положения

Форма проведения испытания:

Целью вступительного испытания является выявления у абитуриента объёма научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для подготовки диссертации по научной специальности 1.4.4 «Физическая химия». Абитуриент должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию, умение планировать научную работу в рамках выбранной научной специальности. Вступительное испытание проводится в форме экзамена с элементами собеседования.

Вступительное испытание состоит из двух частей.

В первой части абитуриент отвечает на вопросы из билета. Билет включает в себя два вопроса. Абитуриент после получения билета подготавливает ответ, фиксируя основные тезисы на бланке для ответов, после чего отвечает на вопросы билета перед экзаменаторами. Экзаменаторы могут задавать дополнительные вопросы согласно программе вступительных испытаний.

Выявление факта пользования мобильным телефоном или шпаргалками ведет к безусловному удалению абитуриента с вступительного испытания и составлению соответствующего протокола. Абитуриент из конкурса выбывает.

Во второй части абитуриент представляет заранее подготовленные тему планируемого диссертационного исследования в соответствии с выбранной научной специальностью, обоснование актуальности темы, а также план выполнения диссертационного исследования. Представленные материалы оцениваются экзаменаторами. В процессе оценивания экзаменаторы могут уточнять различные аспекты, связанные с планируемым диссертационным исследованием.

Оценка испытания:

Оценка за вступительное испытание выставляется по 100-балльной шкале как сумма за первую и вторую часть испытания.

Максимальное число баллов за первую часть – 50 баллов.

Максимальное число баллов за вторую часть – 50 баллов.

Минимальный суммарный балл, необходимый для успешного прохождения испытания и дальнейшего участия в конкурсе – 60 баллов.

Критерии оценки результатов испытания

Вопрос № 1, 2	0-25 баллов за каждый вопрос	23-25 баллов – дан исчерпывающий и обоснованный ответ на вопрос, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией. 19-22 баллов – дан полный, достаточно глубокий и обоснованный ответ на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией. 15-18 баллов – даны обоснованные ответы на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания. 11-14 баллов - даны в целом правильные ответы на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы. 0-10 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.
Оценка планируемого диссертационного исследования	0-50 баллов	45-50 баллов – предполагаемая тематика соответствует паспорту научной специальности, является актуальной, план работы над диссертацией представлен на высоком уровне. 35-44 баллов – предполагаемая тематика соответствует паспорту научной специальности, является актуальной, план работы над диссертацией требует доработки. 25-34 баллов – предполагаемая тематика в целом соответствует паспорту научной специальности, но требует доработки в части актуальности, план работы над диссертацией требует доработки. 15-24 баллов - предполагаемая тематика в целом соответствует паспорту научной специальности, но требует значительной доработки в части актуальности, и значительной переработки плана работы над диссертацией. 0-14 баллов – предполагаемая тематика не соответствует паспорту научной специальности.

2. Вопросы для подготовки к первой части вступительного испытания

I. Элементы химической термодинамики

Основные понятия термодинамики: изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, температура, интенсивные и экстенсивные переменные.

Первый закон термодинамики. Теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия, теплоемкость. Закон Гесса. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.

Второй закон термодинамики. Энтропия и ее изменения в обратимых и необратимых процессах.

Характеристические функции. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов.

Химическое равновесие. Закон действующих масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Изотерма Вант-Гоффа. Уравнения изобары и изохоры химической реакции.

Литература

1. М. Х. Карапетьянц .Химическая термодинамика : М: Книжный дом Либроком, 2013.
2. В.В. Еремин, А.Я. Борщевский. Основы общей и физической химии. Долгопрудный: Интеллект. 2012.
3. Р. Р. Салем. Физическая химия. Термодинамика. М: Физматлит, 2011

II. Растворы

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.

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.

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

Литература

1. В.И.Горшков. Основы физической химии. М.: Бином. 2011.
2. А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко. Физическая химия : учебник для вузов, М.: Высшая школа, 2009.

III. Химическая кинетика

Основные понятия химической кинетики. Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Основной постулат химической кинетики. Способы определения скорости реакции. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции.

Феноменологическая кинетика сложных химических реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций.

Цепные реакции. Кинетика неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях.

Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы ее определения. Элементарные акты химических реакций и физический смысл энергии активации. Термический и нетермические пути активации молекул. Теория активных столкновений. 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.

Фотохимические и радиационно-химические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход. Закон Эйнштейна – Штарка.

Литература

1. В.В. Буданов. Химическая кинетика. М.: Лань, 2014.
2. Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева. Физическая химия. Учебник. М.: Юрайт. 2014.
3. В.В. Еремин, А.Я. Борщевский. Основы общей и физической химии. Долгопрудный: Интеллект. 2012.

IV. Аналитическая химия

Классификация методов анализа по объектам, по цели (идентификация, измерение), по природе аналитического сигнала, по способу выполнения (физические и физико-химические).

Метрологические основы химического анализа. Аналитический сигнал. Абсолютные и относительные методы анализа. Способы определения содержания веществ по данным аналитических измерений (метод градуировочного графика, метод стандартов). Основные требования, предъявляемые к количественным методам анализа: погрешность, правильность, воспроизводимость, точность, предел обнаружения, чувствительность, избирательность, селективность.

Роль стандартных образцов в химических измерениях. Стандартные образцы I и II разряда, методы их создания и метрологической аттестация.

Теория и практика пробоотбора и пробоподготовки. Представительность пробы; взаимосвязь с объектом и методом анализа. Основные способы перевода пробы в форму, необходимую для конкретного вида анализа. Методы разделения компонентов.

Статистическая обработка результатов измерений.

Химические методы количественного анализа: титриметрия, комплексонометрия, гравиметрия.

Основы инструментальных (физических и физико-химических) методов анализа: спектральные, хроматография, масс-спектрометрия, электрохимия.

Литература

1. Основы аналитической химии (под ред. Ю.А. Золотова). В двух книгах. Общие вопросы. Методы разделения. Методы химического анализа. М.: Высшая школа. 2004.
2. З. Марченко, М. Бальцежак. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе. М.: Бином. 2009.
3. К. Доерффель. Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 1994.

V. Радиохимия

Исторические предпосылки к созданию и развитию основ радиохимии и разработке на ее основе многочисленных инновационных наукоемких технологий.

Стабильные и радиоактивные изотопы. Виды радиоактивных излучений и их свойства. Ядерные превращения и их запись. Правила сдвига. Зона устойчивости

Основные типы ядерных реакций при взаимодействии вещества с быстрыми заряженными частицами. Энергетические эффекты, эффективное сечение. Работы Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна) в области синтеза и идентификации сверхтяжелых элементов. Получение короткоживущих изотопов на циклотронах.

Взаимодействие нейтронов с веществом. Реакция деления. Цепная ядерная реакция. Критическая масса

Литература

1. И.Н. Бекман. Радиоактивность и радиация. Радиохимия. Том I. МО:Щелково. 2011.
2. И.Н. Бекман. Радиоактивные элементы. Радиохимия. Том II. МО:Щелково. 2014.
3. И.Н. Бекман. Экологическая радиохимия и радиоэкология. Радиохимия. Том VI. МО:Щелково. 2015.

3. Материалы для подготовки ко второй части вступительного испытания

При представлении плана научного исследования необходимо представить следующую информацию:

- Тема диссертации
- Предполагаемый научный руководитель (при наличии)
- Актуальность темы
- Цели и задачи исследования

- Развернутые формулировки теоретических и практических задач, которые необходимо решить для достижения поставленной цели с распределением их по семестрам обучения.
- Теоретическая значимость работы. Практическая значимость работы.
- Имеющийся задел по предполагаемому исследованию

Абитуриент готовит план будущего научного исследования заранее, до вступительного испытания, и на испытании представляет уже готовый план. При составлении плана необходимо помнить, что в рамках диссертационного исследования аспирант решает научную задачу, имеющую значение для развития соответствующей отрасли науки, либо разрабатывает новые научно-обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Цель диссертации вытекает из формулировки научной проблемы, связанной с теоретической или практической нерешенностью темы или ее аспекта. Цель формулируется коротко и однозначно, она должна быть достигнута к концу работы. Исходя из единственной цели работы, определяется несколько задач. Разрешение каждой задачи является последовательным шагом на пути достижения цели.

Паспорт научной специальности 1.4.4 «Физическая химия» (отрасль науки – химические науки, технические науки, физико-математические науки):

Направления исследований:

1. Экспериментально-теоретическое определение энергетических и структурно-динамических параметров строения молекул и молекулярных соединений, а также их спектральных характеристик.
2. Экспериментальное определение термодинамических свойств веществ, расчет термодинамических функций простых и сложных систем, в том числе на основе методов статистической термодинамики, изучение термодинамических аспектов фазовых превращений и фазовых переходов.
3. Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях.
4. Теория растворов, межмолекулярные и межчастичные взаимодействия. Компьютерное моделирование строения, свойств и спектральных характеристик молекул и их комплексов в простых и непростых жидкостях, а также ранних стадий процессов растворения и зародышеобразования.
5. Изучение физико-химических свойств изолированных молекул и молекулярных соединений при воздействии на них внешних электромагнитных полей, потока заряженных частиц, а также экстремально высоких/низких температурах и давлениях.
6. Химические превращения, потоки массы, энергии и энтропии пространственных и временных структур в неравновесных системах.

7. Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов, физикохимическая гидродинамика, растворение и кристаллизация.
8. Динамика элементарного акта химических реакций. Механизмы реакции с участием активных частиц.
9. Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции.
10. Создание и разработка методов компьютерного моделирования строения и механизмов превращений химических соединений на основе представлений квантовой механики, различных топологических и статистических методов, включая методы машинного обучения, методов молекулярной механики и молекулярной динамики, а также подходов типа структура-свойства.
11. Получение методами квантовой химии и компьютерного моделирования данных об электронной структуре, поверхностях потенциальной и свободной энергии, реакционной способности и динамике превращений химических соединений, находящихся в различном окружении, в том числе в кластерах, клатратах, твердых и жидкокристаллических матрицах, в полостях конденсированных среды и белковом окружении.
12. Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов.