

Программа вступительного экзамена

при приеме на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

по дисциплине:

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

I. Пояснительная записка

Программа вступительного экзамена при приеме на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности «Нанотехнологии и наноматериалы», разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования уровней ***специалист, магистр***.

Вступительный экзамен по специальной дисциплине проводится в устной форме по вопросам программы. Поступающим предлагаются два основных вопроса из программы, на подготовку ответов отводится один час, тезисы ответа записываются поступающими на бланках ответа. Помимо основных вопросов члены комиссии могут задать поступающим дополнительные вопросы, не требующие длительной подготовки.

II. Программа вступительных испытаний

Физико-химические основы нанотехнологии

Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Виды межмолекулярных взаимодействий. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.

Строение молекул простых и координационных неорганических соединений. Полиядерные комплексные соединения. Строение основных типов органических и элементоорганических соединений. Соединения включения. Полимеры и биополимеры.

Структурная классификация конденсированных фаз. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Симметрия кристаллов. Атомные, ионные, молекулярные и другие типы кристаллов. Строение твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Структура простых жидкостей. Растворы неэлектролитов. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов. Мицеллообразование и строение мицелл.

Химическое равновесие. Общие принципы расчета равновесных условий на основе определения минимума термодинамических потенциалов (энергия Гиббса и др.). Применение общих приемов к идеальным системам. Закон действующих масс (Гульдберг и Вааге, Н.Н. Бекетов). Уравнение изотермы реакции Вант-Гоффа. Связь констант равновесия со стандартными изменениями энергий Гиббса и Гельмгольца.

Термодинамическое равновесие поверхностного слоя с объемными фазами. Поверхностное натяжение. Адсорбция из растворов. Адсорбционная формула Гиббса. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Работа, теплота и энтропия адсорбции.

Классификация каталитических реакций и катализаторов. Теория промежуточных соединений в катализе, энергетического соответствия. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Селективность катализаторов. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Неоднородность поверхности катализаторов, нанесенные катализаторы. Энергия активизации гетерогенных каталитических реакций.

Основные критерии и характеристики наноматериалов.

Размер, форма, степень полидисперсности, основные виды наночастиц по составу (неорганические, органические полимерные, металлокомплексные, квантовые и карбоновые наноточки).

Методы характеристики наночастиц по размеру (электронная микроскопия, диффрактометрия, динамическое светорассеяние).

Особенности спектрального поведения неорганических наночастиц. Явление плазмонного резонанса. Связь между размерными и спектральными характеристиками металлических наночастиц.

Агрегация наночастиц в растворах. Роль величины электрокинетического потенциала в агрегации наночастиц. Гидрофильная и гидрофобная поверхность наночастиц.

Синтез наночастиц

Методики синтеза наночастиц, принципы «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Использование разбавления, формирования гидрофильной или гидрофобной оболочки, а также микроэмульсионного подхода для получения монодисперсных наночастиц по принципу «снизу-вверх».

Наночастицы типа «ядро-оболочка». Допирование в ядро и поверхностная модификация как основные способы создания композитных наночастиц. Травление поверхности и растворение ядра как способ получения «пустых» наночастиц.

Роль электростатических, Ван-дер-Ваальсовых и координационных взаимодействий при формировании гидрофильной оболочки наночастиц. Формирование белковой короны на поверхности наночастиц: движущие силы и следствия.

Наноматериалы, изменяющие свои характеристики при внешних воздействиях (pH, температура, облучение светом видимого или инфракрасного диапазонов, магнитное поле)

Магнитотермия железо-оксидных наночастиц.

Фото-индуцированное образование активных форм кислорода наночастицами по реакции Фентона (наночастицы серебра, сульфида меди (I), оксида железа (II)).

pH- или субстрат-индуцированная сборка-разборка наночастиц в качестве нанотехнологического подхода к созданию систем доставки терапевтических препаратов в медицине.

Функционализация поверхности наночастиц белками, олигопептидами, фолатами для обеспечения таргетного связывания с раковыми клетками.

Фототермия наночастиц золота, оксидов и сульфидов меди.

Наноматериалы в качестве люминофоров, сенсоров, контрастных агентов и катализаторов

Наночастицы на основе оксидов лантанидов; металлические наночастицы; квантовые и карбоновые наноточки, полимерные органические наночастицы. Различная природа люминесценции наночастиц и разные подходы к созданию субстрат-переключаемой люминесценции.

Наночастицы на основе ионов гадолиния и марганца в качестве контрастных агентов.

Неорганические (металлические, сульфидные, оксидные) наночастицы, композитные, полиметаллические наночастицы в качестве катализаторов.

III. Критерии оценки знаний

Отлично	Демонстрирует глубокие, специализированные знания по материалам дисциплины
Хорошо	Знает материал дисциплины, но допускает некоторые ошибки
Удовлетворительно	Демонстрирует фрагментарное, не систематическое знание материала дисциплины
Неудовлетворительно	Не имеет знаний по материалам дисциплины

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания:

- при поступлении в рамках контрольных цифр – *хорошо*,
- при поступлении по договорам об оказании платных образовательных услуг – *удовлетворительно*.

IV. Рекомендуемая литература

1. Бурень, В.М. Биология и нанотехнология. Материалы для современной и будущей бионики. [Текст] : научное издание. - Ростов н/Д : ФЕНИКС, 2006. - 126 с.
2. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. Санкт-Петербург: Лань. 2010. 5-е изд. 336 с.
3. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст] : научное издание / А. И. Гусев. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 410, [6] с.
4. Дьячков, П.Н. Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применения [Текст] : научное издание. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 393 с.
5. Егорова, Е.М. Биологические эффекты наночастиц металлов [Текст] = Biological effects of metal nanoparticles : монография. - М. : Наука, 2014. - 349 с.
6. Зимон, А.Д. Коллоидная химия [Текст] : (в том числе и наночастиц): [учеб. для вузов по направлениям "Химия", "Спец. технология", "Хим. технология и биотехнология" и специальностям "Химия", "Биотехнология"]. - М. : АГАР, 2007. - 343 с.
7. Зимон, А.Д. Коллоидная химия наночастиц [Текст] : научное издание. - М. : Научный мир, 2012. - 224 с.
8. Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию [Текст] : учебное издание. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 134 с.

9. Кругляков П.М., Хаскова Т.Н. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа. 2007. 2-е изд. 319 с.
10. Мартин-Пальма, Р. Нанотехнологии - ударный вводный курс [Текст] : учебное пособие. - Долгопрудный : Издательский Дом " Интеллект", 2017. - 206 с.
11. Мелихов, И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества [Текст]. - М. : БИНОМ .Лаборатория знаний, 2006. - 309 с.
12. Методы получения и свойства нанообъектов [Текст] : учебное пособие. - М. : Флинта: Наука, 2009. - 168 с.
13. Назаров В.В. Коллоидная химия. М.: ДеЛи плюс. 2015. 250 с.
14. Поленов, Ю.В. Физико-химические основы нанотехнологий [Текст] : учебник. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2019. - 180 с.
15. Полимерные нанокомпозиты [Текст] : пер. с англ. - М. : Техносфера, 2011. - 688 с.
16. Помогайло, А.Д. Наночастицы металлов в полимерах [Текст] : научное издание. - М. : Химия, 2000. - 672 с.
17. Рамбиди, Н.Г. Структура и свойства наноразмерных образований. Реалии современной нанотехнологии [Текст] : учебное пособие. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 376 с.
18. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий [Текст]. - М. : Физматлит, 2009. - 456 с.
19. Сергеев, Г.Б. Нанохимия [Текст] : монография. - М. : МГУ, 2003. - 288 с.
20. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям [Текст] : в 3-х т.: пер. с англ. . М. : Техносфера, 2010.
21. Суздалев, И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст] : научное издание. - М. : Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2009. - 592 с.
22. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии. М.: Академия. 2007. 2-е изд. 240 с.
23. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии [Текст] : учеб. пособие. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 464 с.
24. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Санкт-Петербург: Лань. 2010. 4-е изд. 416 с.
25. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии: поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Альянс. 2004. 4-е изд. 463 с.
26. Цао, Г. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение [Текст] : научное издание. - М. : Научный мир, 2012. - 515 с.
27. Шабанова, Н.А. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем [Текст]. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 328 с.
28. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высшая школа. 2004. 3-е изд. 445 с.
29. Янилкин В.В., Кривенко А.Г. Электрохимия наносистем. – М.: РАН. – 2021. – 240 с.
30. Chen J., Ning Ch., Zhou Zh., Yu P., Zhu Y., Tan G., Mao Ch. Nanomaterials as photothermal therapeutic agents. *Progress in Material Science*, [V. 99](#), 2019, 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2018.07.005>
31. Fedorenko S.V., Stepanov A.S., Bochkova O.D. *et al.* Main Processes Facilitating the Formation of Composite Silica-Based Nanocolloids Doped with Complexes of d- and f-Metals and Inorganic Nanoparticles. *Colloid J* **84**, 611–620 (2022). <https://doi.org/10.1134/S1061933X22700077>.
32. Kashapov R., Gaynanova G., Gabdrakhmanov D., Kuznetsov D., Pavlov R., Petrov K., Zakharova L., Sinyashin O. Self-Assembly of Amphiphilic Compounds as a

- Versatile Tool for Construction of Nanoscale Drug Carriers. *Int. J. Mol. Sci.* 2020, 21, 6961; doi:10.3390/ijms21186961.
33. Kashapov R., Ibragimova A., Pavlov R., Gabdrakhmanov D., Kashapova N., Burilova E., Zakharova L., Sinyashin O. Nanocarriers for Biomedicine: From Lipid Formulations to Inorganic and Hybrid Nanoparticles *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 7055. <https://doi.org/10.3390/ijms22137055>.
34. Nikam A.N., Pandey A., Fernandes G., Kulkarni S., Mutalik S.P., Singh Padya B., George S.D., Mutalik S. Copper sulphide based heterogeneous nanoplatfoms for multimodal therapy and imaging of cancer: Recent advances and toxicological perspectives. *Coordination Chemistry Reviews* 419 (2020) 213356. doi.org/10.1016/j.ccr.2020.213356
35. Pashirova T.N., Fernandes A.R., Sanchez-Lopez E., Garcia M.L., Silva A.M., Zakharova L.Ya., Souto E.B., Chapter 5 - Polymer nanogels: Fabrication, structural behavior, and biological applications // In book “Theory and Applications of Nonparenteral Nanomedicines”, Edited by: Kesharwani P., Taurin S., Greish K. Academic Press. – 2021. – Pages 97-111. DOI: 10.1016/B978-0-12-820466-5.00005-3; ISBN 978-0-12-820466-5.
36. Zairov R.R., Akhmadeev B.S., Fedorenko S.V., Mustafina A.R. Recent progress in design and surface modification of manganese nanoparticles for MRI contrasting and therapy, *Chemical Engineering Journal*, V. 459, 2023, 141640, doi.org/10.1016/j.cej.2023.141640.

Составитель:

Мустафина Асия Рафаэлевна,
доктор химических наук,
главный научный сотрудник лаборатории
Физико-химии супрамолекулярных систем

Рецензент программы:

Захарова Люция Ярулловна,
доктор химических наук,
главный научный сотрудник лаборатории
Высокоорганизованных сред