



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова»

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор,  
председатель Приёмной комиссии

А.М. Марков

«    »

2022 г.



**ПРОГРАММА**  
**вступительных испытаний в аспирантуру**  
**по специальной дисциплине**  
**для научной специальности**  
**2.6.6. «Нанотехнологии и наноматериалы»**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	Доцент кафедры ССМ	Е.С. Ананьева
Согласовал	Проректор по научной и инновационной работе	А.А. Бушев
	Отв. секретарь приёмной комиссии	П.О. Черданцев

Барнаул 2022

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительных испытаний формируется на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

## 2. ВСТУПИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ

Вступительное испытание для поступления на обучение в аспирантуре по научной специальности 2.6.6. «Нанотехнологии и наноматериалы» проводится с сочетанием письменной и устной форм. Оно состоит из двух частей – теоретической части (проводится в форме письменного комплексного экзамена) и собеседования (проводится в устной форме).

Для прохождения вступительного испытания каждому поступающему выдаётся билет, содержащий два вопроса. На подготовку ответов отводится 1,5 часа.

Процедура проведения экзамена регламентируется Правилами приёма на обучение в АлтГТУ.

## 3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Итоговая оценка выставляется по 100-балльной шкале. Она определяется как

$$R = 0,65R_{\Pi} + 0,35R_{C},$$

где  $R_{\Pi}$  – оценка по 100-балльной шкале, полученная за письменную часть;  $R_{C}$  – оценка по 100-балльной шкале, полученная за собеседование.

Оценка за письменную часть определяется как

$$R_{\Pi} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^2 R_n,$$

где  $R_n$  – оценка по 100-балльной шкале, полученная за n-ый вопрос билета;

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, – 25 баллов.

## 4. ТЕМЫ, ВКЛЮЧЁННЫЕ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

### Раздел 1. Основные понятия о наноматериалах и нанотехнологии.

Понятия нанобъект, наноструктура, нанотехнология, наноматериал. Основные причины особых свойств нанобъектов. История развития науки о наноструктурах и наноматериалах. Особые свойства наноматериалов. Современное состояние и перспективы развития нанотехнологии на современном этапе.

### Раздел 2. Общие свойства и типы нанобъектов.

Классификация нанобъектов. Нанобъекты в твердом веществе, жидкостях и газах. Причины особых свойств нанобъектов и наноструктурированных систем. Зависимость свойств от размера частиц (размерный эффект). Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов.

Равновесные и неравновесные нанобъекты и наноструктуры. Структурообразование в равновесных и неравновесных системах. Особенности термодинамики нанобъектов. Влияние кривизны поверхности на термодинамические функции и межфазные равновесия.

Кинетика процессов в наносистемах. Изотермическая перегонка (Оствальдово созревание). Устойчивость нанообъектов. Зернограничная диффузия.

### **Раздел 3. Порошки и объемные наноструктурные материалы.**

Классификация порошков. Ультрадисперсные материалы. Физико-химические основы получения объемных консолидированных наноматериалов. Метод Глейтера. Свойства и особенности наноструктур, полученных различными методами.

### **Раздел 4. Основные типы наноструктур в электронике.**

Полупроводниковые наноструктуры: квантовые ямы, нити и точки. Гетероструктуры. Получение квантовых точек. Литография. Сверхрешетки. Квантовый лазер.

### **Раздел 5. Углеродные наноструктуры.**

Физические и химические свойства углеродных наноструктур. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нановолокна, наноалмазы, графен. Области применения мембран. Нанофильтрация.

### **Раздел 6. Мембраны и пористые тела.**

Номенклатура размеров пор. Физические и химические свойства нанопористых тел, молекулярных сит. Классификация мембран. Трековые мембраны. Области применения мембран. Нанофильтрация.

### **Раздел 7. Композиционные материалы.**

Классификация композиционных материалов. Основные типы структур композиционных материалов. Характеристики матриц и наполнителей. Физические и химические свойства неорганических и органических композиционных материалов. Полимерные нанокомпозиты. Нанокерамика.

### **Раздел 8. Наноструктурные пленки и поверхностные слои.**

Наноструктурные покрытия. Композитные покрытия. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Метод молекулярного наслаивания.

### **Раздел 9. Наноструктуры в жидкостях.**

Мицеллы, микроэмульсии, нанодисперсии. Наноструктурированные гели. Кластеры в растворах. Коллоидные частицы металлов. Магнитные жидкости. Наноструктурированные стекла. Физические и химические свойства тонких пленок и поверхностных слоев, мицеллярных систем и микроэмульсий, жидких кристаллов, аэрозолей, золь, гелей.

### **Раздел 10. Биологические наноструктуры.**

Биомиметика. Липосомы и биомембраны. Матричный синтез ДНК (репликация), и РНК (транскрипция) как природа природного ассемблера. Синтез белка на рибосоме. Молекулярное распознавание и катализ при действии ферментов. Преобразование электрического сигнала в химический на примере работы нервно-мышечного синапса. Вирусы и искусственные вирусы.

### **Раздел 11. Супрамолекулярные ансамбли. Ассемблеры и молекулярные машины.**

Молекулярное распознавание, информация, комплементарность. Мембранные процессы. Процессы переноса с носителями. Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Самосборка и самоорганизация супрамолекулярных систем.

### **Раздел 12. Нанообъекты в окружающей среде и их опасность.**

Природные нанообъекты. «Черные курительщики». Шунгит. Роль наночастиц в миграции химических элементов в окружающей среде. Оценка опасности наноструктур

для живых организмов и человека. Биологические эффекты воздействия наночастиц на живые организмы. Необходимость гигиенического нормирования присутствия наночастиц в окружающей среде.

### **Раздел 13. Физические основы электронной микроскопии.**

Эмиссия электронов. Источники электронов (электронные пушки) для электронных микроскопов. Понятие об электронной оптике, магнитные линзы. Вакуумные условия для различных типов электронных микроскопов. Основы взаимодействия электронного пучка средних энергий с твердым телом. Радиационные повреждения исследуемого объекта.

### **Раздел 14. Растровая электронная микроскопия.**

Общая схема и принцип действия растрового электронного микроскопа. Типы катодов, используемые в растровой электронной микроскопии. Режим регистрации медленных вторичных электронов. Детектор медленных вторичных электронов. Режим регистрации обратно рассеянных электронов. Пространственное разрешение и информативные возможности. Ограничения на характеристики образца – тепло- и электропроводность.

### **Раздел 15. Просвечивающая электронная микроскопия.**

Общая схема и принцип действия просвечивающего электронного микроскопа. Реализация режимов наблюдения изображения (темное и светлое поле), микродифракции. Механизмы формирования контраста изображения в просвечивающем электронном микроскопе. Требования к объектам исследования.

### **Раздел 16. Сканирующая зондовая микроскопия.**

Основные физические принципы сканирующей зондовой микроскопии. Туннельная и атомно-силовая зондовая микроскопия. Информативные возможности и пространственное решение. Основные элементы сканирующего зондового микроскопа. Применение.

### **Раздел 17. Дифракционные методы исследования нанообъектов.**

Дифракция рентгеновских лучей и электронов. Уравнения Лауэ, уравнение Вульфа-Брэггов. Связь угловой ширины дифракционного максимума и размера области рассеяния. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и электронов. Применение для измерения размеров наночастиц.

### **Раздел 18. Варианты классификации методов получения наночастиц и наноматериалов.**

Физические, химические, биологические и комбинированные методы. Особенности газофазных процессов получения наноматериалов. Особенности получения наноматериалов в жидких средах.

### **Раздел 19. Физические методы получения наночастиц.**

Возгонка- десублимация. Способы подвода энергии для возгонки (использование внешних нагревателей; резистивный, плазменный, лучевой и электронно-лучевой нагрев). Лазерная абляция. Диспергирование в электродуговом разряде. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение. Метод взрывающихся проволок. Электроискровая эрозия. Плазменная сфероидизация частиц. Криогенные методы.

### **Раздел 20. Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов.**

Интенсивная пластическая деформация. Образование наноструктур при кристаллизации аморфизированных слоев. Направленная кристаллизация аморфных

сплавов и стекол. Диффузия в твердом теле. Прессование и спекание (разновидности спекания).

#### **Раздел 21. Физические методы получения пленок и покрытий.**

Полив и его разновидности (капельный метод, спинингование). Метод погружения. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Формирование квантовых точек и проволок при ионном синтезе. Литография и нанолитография.

#### **Раздел 22. Химические методы получения наночастиц в газовой фазе.**

Реакции термического разложения. Реакции типа газ – твердое тело. Реакции химического осаждения из газовой фазы и их разновидности.

#### **Раздел 23. Химические методы получения пленок и покрытий.**

Химическое осаждение металлоорганических соединений из газовой фазы. Эпитаксия.

#### **Раздел 24. Химические методы получения нанонитей и нанотрубок.**

Формирование углеродных и не углеродных нанотрубок из веществ слоистого строения и из веществ со структурным несоответствием. Каталитический пиролиз углеводородов. Матричный метод (матрицы- нанонити, матрицы- наноскважины, молекулярные матрицы). Химическое модифицирование нанотрубок. Реакции в полости нанотрубок.

#### **Раздел 25. Синтез наночастиц методами осаждения.**

Основные химические реакции, приводящие к синтезу наночастиц в жидких средах. Формирование зольей. Стабилизация синтезированных наночастиц в растворах – электростатическая, адсорбционная, хемосорбционная. Синтез наночастиц в полярных и неполярных средах. Основные факторы, влияющие на размер наночастиц. Кинетический контроль роста наночастиц, состоящих из сплава металлов, со структурой ядро-оболочка.

#### **Раздел 26. Золь-гель технология наночастиц и нанопористых материалов.**

Основные стадии процесса. Особенности гидролиза и поликонденсации в щелочной и кислой среде. Гелеобразование и синерезис. Удаление растворителя – образование ксерогелей и аэрогелей. Влияние состава реакционной среды и условий протекания процесса на морфологию синтезируемого наноматериала. Получение золь-гель методом наноматериалов на основе оксидов кремния и титана.

#### **Раздел 27. Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях.**

Схемы основных методов. Использование сверхкритической воды и диоксида углерода для получения наночастиц. Варианты гидро- и сольвотермального синтеза. Основные параметры, влияющие на морфологию синтезируемых наноматериалов. Периодический и непрерывный способы организации гидро- и сольвотермального синтеза.

#### **Раздел 28. Образование наночастиц при распылении растворов в пламени (мокрое сжигание).**

Выпаривание и пиролиз аэрозолей. Влияние состава исходного раствора и технологических параметров процесса на размер и морфологию синтезируемых наночастиц. Способы распыления жидкости. Агломерация наночастиц и получение нанопористых материалов.

**Раздел 29. Криохимический метод синтеза наночастиц.** Основные стадии процесса. Сверхбыстрое охлаждение. Способы замораживания и удаления растворителя. Используемые хладоагенты.

### **Раздел 30. Электрохимические методы получения наноматериалов.**

Катодные и анодные процессы, приводящие к синтезу наноматериалов. Получение тонких пленок и наноструктурированных покрытий. Электроосаждение наночастиц. Формирование композитных покрытий, состоящих из металла и осажденных наночастиц. Образование нанопористых материалов. Синтез нановолокон в пористых материалах.

### **Раздел 31. Синтез наночастиц в мицеллах и микроэмульсии.**

Использование мицеллярных систем и микроэмульсий для синтеза наночастиц. Основные факторы, влияющие на размер и форму синтезируемых наночастиц. Синтез наночастиц в микроэмульсиях в сверхкритическом оксиде углерода.

## **5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДОВАННОЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ**

1. Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Физико-химические основы технологии микроэлектроники. М.: Металлургия, 1979.
2. Раскин А.А., Картушина А.А., Баровский Н.В. Технология материалов электронной техники. М.: МИЭТ, 1999.
3. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. Материаловедение / Подред. Б.Н. Арзамасова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
4. Будагян Б.Г., Шерченков А.А. Материалы твердотельной электроники. М.: МИЭТ, 1999.
5. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.: Физматлит, 2001.
6. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. М.: Мир, 1985.
7. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. М.: Энергоатомиздат, 1989.
8. Данилин Б.С., Киреев В.Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. М.: Энергоатомиздат, 1987.
9. Кардона М. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2002.
10. Чистые помещения / Под ред. И. Хаякавы. М.: Мир, 1990.
11. Смирнов Н.Н., Курочкина М.И., Волжинский А.И., Плесовских А.В. // Процессы и аппараты химической технологии (основы инженерной химии). Учебник для вузов. С-Пб.: «Химия», 1996, 407с.
12. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. М.: Высшая школа, 1983, 270 с.
13. Уфимцев В.Б., Лобанов А.А. Гетерогенные равновесия в технологии полупроводниковых материалов. М.: Металлургия, 1981, 215 с.
14. Нанотехнология в ближайшем десятилетии //под ред. Роко М.К., Уильямса Р.С, Аливисатоса П. М.: Мир, 2002. 292 с.
15. Handbook of Nanostructured Materials and Nanotechnology v.1 // Ed/ Hari Singh Nalwa, Academic Press, 2000, 645 p.
16. Михайлов М. Д. Современные проблемы материаловедения. Нанокompозитные материалы: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехи ун-та, 2010. 207 с.
17. Балкевич В.Л. Техническая керамика. Учеб. пособие для вузов. М.:

Стройиздат. 1984, 256 с.

18. Новые материалы. Под ред. Ю.С. Карабасова. М.: МИСИС 2002. 736 с.

19. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений // Андриевский Р.А., Рагуля А.В. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 192 с.

20. Елисеев А.А. Функциональные наноматериалы. Физматлит, 2010. 452 с.

21. Картер С, Нортон М. Керамические материалы. Свойства, технологии, применения, пер. с англ. Издательский Дом «Интеллект». 2011 г.

22. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология. Издательский Дом «Интеллект». 2010. 352 с.

23. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике - 3, 1 / Ю.А. Чаплыгин. - М.: Техносфера, 2016. - 480 с.

24. Азаренков Н.А. Наноструктурные покрытия и наноматериалы: Основы получения. Свойства. Области применения: Особенности современного наноструктурного направления в нанотехнологии / Н.А. Азаренков, В.М. Береснев, А.Д. Погребняк, Д.А. Колесников. - М.: КД Либроком, 2013. - 368 с.

25. Неволин, В. Зондовые нанотехнологии в электронике / В. Неволин. - М.: Техносфера, 2006. - 160 с.

26. C.C. Barry, N.M. Gram. Ceramic Materials / Science and Engineering. Springer. 2007. 716 p.

27. Dielectric Polymer Nanocomposites. Editor J. Keith Nelson. Springer Science+Business Media, LLC. 2010. 368 p.

28. Nanostructured Materials. Selected Synthesis Methods, Properties and Applications. Editors. Ph. Knauth, J. Schoonman. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow. Kluwer Academic Publishers. 2004. 188 p.

29. Springer Handbook of Nanotechnology. Editor B. Husham. Springer Science + Business Media, Inc. 2007. 1916 p.