

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ


ПРИНЯТО

На заседании Ученого совета  
Института технологий и материалов  
Протокол от «29» февраля 2024 г. № 5

Директор  / Ю.Г. Хусаинов

УТВЕРЖДЕНО

Проректор по научной работе

 / И.А. Макаренко



«11» марта 2024 г.


**ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ  
2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы

Отрасль науки:  
Технические науки, физико-математические науки

Разработчик (разработчики):

 / канд. техн. наук, доцент, доцент Е.Б. Медведев  
(подпись) (ученая степень, ученое звание, должность, и.о. фамилия)

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы утверждена на заседании кафедры материаловедения и физики металлов (протокол от «16» февраля 2024 г. № 8).

## 1. Общие положения

### 1.1. Область науки<sup>1</sup>:

Технические науки, физико-математические науки

Группа научных специальностей:

2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия.

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

Технические науки, физико-математические науки

Шифр научной специальности:

2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы

1.2. Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине (далее «специальная дисциплина») по научной специальности 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы разработана в соответствии с:

Федеральным законом от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;

Приказом Минобрнауки России от 28.03.2014 № 247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня»;

Приказом Минобрнауки России от 05.08.2021 № 712 «О внесении изменений в некоторые приказы Министерства образования и науки Российской Федерации и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в сфере высшего образования и науки и признании утратившими силу приказов Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 апреля 2013 г. N 296 и от 22 июня 2015 г. N 607»;

Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093»;

Паспортом научной специальности 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы;

Уставом УУНиТ;

Приказом УУНиТ от 07.03.2023 г. № 0527 «О Порядке прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов».

1.3. Программа кандидатского экзамена регламентирует цель, задачи, содержание, организацию кандидатского экзамена, порядок работы экзаменационной комиссии, порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата технических наук, кандидата физико-математических наук и включает перечень вопросов, выносимых на кандидатский экзамен, рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену, в том числе, перечень литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для подготовки к кандидатскому экзамену.

1.4. Кандидатские экзамены представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата технических наук, кандидата физико-математических наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

---

<sup>1</sup> См. Паспорт научной специальности на сайте ВАК

## **2. Цель проведения кандидатского экзамена**

Целью проведения кандидатского экзамена по специальной дисциплине является оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по научной специальности 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы и отрасли науки Технические науки, физико-математические науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация:

- проверка сформированности умений в области применения нанотехнологии и наноматериалов к решению научно-исследовательских задач, использования междисциплинарных установок и общенаучных понятий в решении комплексных задач теории и практики в конкретно научной исследовательской деятельности;

- владение основными категориями и методами нанотехнологии и наноматериалов на уровне, позволяющем получать качественные результаты при решении теоретических и прикладных задач в области технических и физико-математических наук;

- получение практических навыков аргументации в обосновании научного статуса и актуальности конкретной исследовательской задачи, в работе с внеэмпирическими методами оценки выдвигаемых проблем и гипотез.

Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

## **3. Задачи, решаемые в ходе сдачи кандидатского экзамена**

В ходе сдачи кандидатского экзамена необходимо оценить:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области нанотехнологии и наноматериалов.

## **4. Структура и содержание кандидатского экзамена**

4.1. Кандидатский экзамен по специальной дисциплине по научной специальности 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы проводится в устной форме по билетам (Приложение № 1)<sup>2</sup>.

Экзаменационный билет включает в себя три теоретических вопроса и практические вопросы по теме диссертационного исследования.

Продолжительность устного ответа на экзамене – 20 минут, время на подготовку к ответу на экзаменационный билет – до 30 минут.

4.2. Комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук.

Решение, принятое комиссией, оформляется протоколом по установленной Университетом форме.

4.3. Университет вправе применять дистанционные образовательные технологии при проведении кандидатского экзамена. Особенности проведения кандидатских экзаменов с применением дистанционных образовательных технологий определяются локальным нормативным актом Университета.

При проведении кандидатского экзамена с применением дистанционных образовательных технологий Университет обеспечивает идентификацию личности аспирантов/прикрепленных лиц и контроль соблюдения требований, установленных локальным нормативным актом.

---

<sup>2</sup> Вставить пример одного экзаменационного билета

## **5. Перечень тем, вынесенных на кандидатский экзамен**

1. Методы получения наноматериалов, композитных структур, структур пониженной размерности, приборов и интегральных устройств на их основе.
2. Структурные, морфологические и механические свойства наноматериалов и композитных структур на их основе.
3. Атомно-молекулярное конструирование, самоорганизация, топологически ориентированные, биомиметические, биофункционализированные, энергособирающие и адаптивные (самоприспосабливающиеся) наноструктуры и наноматериалы.
4. Атомные кластеры и наноструктуры на поверхности. Границы раздела в наноматериалах и композитных структурах.
5. Электронный транспорт в наноматериалах и композитных структурах.
6. Оптические и фотоэлектрические явления в наноматериалах и композитных структурах.
7. Магнитные свойства наноматериалов и композитных структур.
8. Сверхпроводящие свойства наноматериалов и композитных наноструктур.
9. Моделирование свойств, физических явлений и технологических процессов в наноматериалах и композитных структурах.
10. Разработка и исследование физических принципов работы, создание новых и совершенствование традиционных приборов и устройств твердотельной электроники, изделий микро- и наноэлектроники, приборов и устройств на квантовых эффектах, на базе наноматериалов и наноструктур.
11. Диагностика наноматериалов и наноструктур.
12. Методы исследования наноматериалов и композитных структур.
13. Атомные и молекулярные наноструктуры с управляемым переносом заряда.

## **6. Перечень документов и материалов, которыми разрешается пользоваться на кандидатском экзамене**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы.

Во время проведения кандидатского экзамена аспирантам/прикрепленным лицам, привлекаемым к его проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи.

## **7. Перечень вопросов для проведения кандидатского экзамена**

1. Основные понятия и определения
2. Нанозффекты и нанообъекты в природе. «Интуитивные» нанотехнологии
3. Хронология развития нанонауки, нанотехнологии, нанопроизводства
4. Междисциплинарный характер нанотехнологий
5. Методы диагностики наноструктур
6. Масштабы в системах наночастиц
7. Особенности диагностики нанообъектов
8. Методы получения кластеров
9. Технологии формирования поверхностных слоев с атомарной точностью
10. Квантовые ямы, проволоки, точки
11. Прецизионная литография
12. Ключевые области использования нанотехнологий в энергетике.
13. Основные препятствия массового внедрения нанотехнологий в энергетике.
14. Пути создания принципиально новых конструкционных материалов.
15. Улучшение характеристик солнечных элементов.
16. Основные направления современных нанотехнологий в атомной отрасли.

17. Преимущество порошковых технологий. Виды порошков, используемых для получения наноматериалов, операции порошковой технологии.
18. Физические и химические методы получения порошков для производства наноматериалов.
19. Механохимический синтез; детонационный синтез и электровзрыв.
20. Наноструктурирование под действием давления со сдвигом.
21. Кристаллизация аморфных сплавов и выделение нанофаз.
22. Компактирование и консолидация кластеров с образованием наноструктур.
23. Основные методы ИПД
24. Структура и свойства наноструктурных материалов
25. Особенности вещества наносистем
26. Структурные особенности наноматериалов
27. Принципы классификации наноматериалов
28. Нанопорошки. Особенности структуры и свойств
29. Основные методы получения нанопорошков
30. Применение нанопорошков
31. Углеродные наноструктуры
32. Аллотропные формы углерода
33. Фуллерен как новая аллотропная форма углерода
34. Структура фуллеренов
35. Основные методы получения фуллеренов
36. Свойства фуллерена
37. Структуры на основе фуллерена. Потенциальные области применения
38. Неуглеродные фуллерены
39. Углеродные нанотрубки
40. Структура и виды углеродных нанотрубок
41. Получение углеродных нанотрубок
42. Свойства углеродных нанотрубок и перспективы их применения
43. Неуглеродные нанотрубки
44. Графен
45. Объемные наноматериалы
46. Общая характеристика методов получения
47. Технологии порошковой металлургии
48. Особенности компактирования нанопорошков
49. Основные направления в развитии авиастроения
50. Применение нанотехнологий в авиастроении
51. Группы наноматериалов, получаемых методами порошковой металлургии
52. Методики расчета вкладов различных структурных составляющих в эксплуатационные свойства материалов, применяемых в аэрокосмической промышленности
53. Основные направления в развитии электротехники
54. Применение нанотехнологий в электротехнике
55. Методы контролируемой кристаллизации из аморфного состояния. Типы получаемых структур в зависимости от условий закалки из жидкого состояния: одно- и многофазной, аморфно-кристаллической, аморфной.
56. Физические и химические методы получения наноструктурных пленок; технологии ионного осаждения.
57. Физические свойства наноматериалов
58. Химические свойства
59. Механические свойства
60. Зависимости твердости, предела прочности и относительного удлинения от размера зерна.
61. Зависимости микротвердости и модуля Юнга от относительной плотности нанокристаллических структур.
62. Прочность и пластичность нанокристаллических материалов, размеры образцов для испытания на растяжение, зависимости напряжение – деформация

63. Механизмы деформации, особенности механических свойств наноматериалов.
64. Объемные наноматериалы, полученные интенсивной пластической деформацией
65. Основные методы ИПД
66. Особенности механических свойств наноматериалов, полученных интенсивной пластической деформацией
67. Области применения наноматериалов, полученных методами ИПД
68. Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния
69. Технологии осаждения наноструктурированных слоев на подложку
70. Основные методы формирования наноструктурных покрытий на рабочих поверхностях
71. Многослойные наноструктурные покрытия
72. Основные области применения наноматериалов и нанотехнологий
73. Конструкционные и функциональные наноструктурные материалы
74. Наноструктурные конструкционные материалы
75. Нанокompозиты
76. Инструментальные наноматериалы
77. Наноструктурные покрытия
78. Нанопористые материалы
79. Магнитные наноматериалы
80. «Интеллектуальные» материалы
81. Микроэлектроника
82. Нанобиотехнология и медицина
83. Нанотехнологии в машиностроении
84. Нанотехнологии в энергетике
85. Потенциал и перспективы развития нанонауки и нанотехники
86. Синергетический эффект нанотехнологий
87. Потенциал и перспективы развития нанотехнологий
88. Социальные последствия нанотехнологий
89. Основные направления в развитии медицины
90. Применение нанотехнологий в медицине
91. Наноструктурированные материалы, в т. ч., поверхности с нанорельефом, мембраны с nanoотверстиями
92. Наночастицы (в т. ч., фуллерены и дендримеры)
93. Методы получения нанопористых материалов, размеры нанопор.
94. Трубочатые наноматериалы. Способы получения углеродных нанотрубок.
95. Технологии полимерных решеточных наноматериалов.
96. Методики изучения структуры наноматериалов в растровой электронной микроскопии
97. Методики изучения структуры наноматериалов в просвечивающей электронной микроскопии
98. Методики изучения структуры наноматериалов в рентгеноструктурном анализе
99. Основные особенности структуры, которые можно определить из исследований в растровой электронной микроскопии
100. Основные особенности структуры, которые можно определить из исследований в просвечивающей электронной микроскопии
101. Основные особенности структуры, которые можно определить из рентгеноструктурных исследований.
102. Научные принципы достижения повышенных механических, усталостных свойств в наноматериалах
103. Научные принципы достижения повышенных функциональных свойств в наноматериалах
104. Основные закономерности влияния структурных особенностей наноматериалов на их механические, усталостные свойства
105. Основные закономерности влияния структурных особенностей наноматериалов на их функциональные свойства

106. Методики расчета вкладов различных структурных составляющих в предел текучести наноматериалов

107. Методики расчета вкладов различных структурных составляющих в предел выносливости наноматериалов

108. Методики расчета вкладов различных структурных составляющих в функциональные свойства наноматериалов

109. Методики расчета вкладов различных механизмов деформации в сверхпластичность наноматериалов.

## **8. Порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук**

8.1. Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

8.2. При оценке знаний и уровня подготовки соискателя ученой степени кандидата наук, определяется:

- уровень освоения материала, предусмотренного программой кандидатского экзамена;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

8.3. Общими критериями, определяющими оценку уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук, являются:

– для оценки «отлично»: наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;

– для оценки «хорошо»: наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;

– для оценки «удовлетворительно»: наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;

– для оценки «неудовлетворительно»: наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

## **9. Методические указания по подготовке к сдаче кандидатского экзамена**

При подготовке к кандидатскому экзамену рекомендуется:

Внимательно прочесть источники в списке рекомендуемой литературы и проанализировать информацию.

Сделать выписки (конспект) необходимой информации в соответствии с темами и экзаменационными вопросами.

Систематизировать и классифицировать полученные данные по тематическим разделам и экзаменационным вопросам.

Составить рабочие записи – ключевые опорные пункты в соответствии с логикой ответа на экзаменационные вопросы.

Подобрать необходимую иллюстративную информацию по содержанию ответа на экзаменационные вопросы.

В ходе подготовки к выполнению практического задания обучающийся анализирует результаты диссертационного исследования.



## 10. Перечень рекомендуемой литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. Пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. – 3-е изд., доп. М.: Техносфера, 2007. – 375 с.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии/ М.: Физматлит, 2005. – 411 с.
3. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. Пер. с англ. А. Хачояна – М.: Техносфера, 2008 – 352 с.
4. Альтман Ю. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений. Пер. с англ. А. В. Хачояна – М.: Техносфера, 2006 – 424 с.
5. Богуслаев В. А. Наноматериалы и нанотехнологии – Запорожье: АО "Мотор Сич", 2014 – 207 с.
6. Исламгалиев Р.К. Физика прочности и пластичности объемных наноматериалов. Учебное пособие. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: УГАТУ, 2009. – 147с.
7. Нано- и биоккомпозиты = Nano- and biocomposites / под ред. А. К.-Т. Лау, Ф. Хуссейн, Х. Лафди; пер. с англ. И. Ю Горбуновой, Т. П. Мосоловой; под общ. ред. И. Ю. Горбуновой – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 – 390, [2] с.
8. Полянчиков Ю. Н. Нанотехнологии в машиностроении. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 92 с.
9. Исламгалиев Р.К. Кристаллография, рентгеноструктурный анализ и электронная микроскопия. Учебное пособие. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: УГАТУ, 2008. – 110с.
10. Исламгалиев Р.К. Физика прочности и пластичности объемных наноматериалов. Учебное пособие. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: УГАТУ, 2009. – 147с.
11. Исламгалиев Р.К. Физика прочности и пластичности объемных наноматериалов. Практикум. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: УГАТУ, 2009. – 24с.
12. Исламгалиев Р.К. Кристаллография, рентгеноструктурный анализ и электронная микроскопия. Практикум. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: УГАТУ, 2008. – 27с.
13. Исламгалиев Р.К. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. Лабораторный практикум. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа, 2008. – 86 с.
14. Исламгалиев Р.К. Физика прочности и пластичности объемных наноматериалов. Лабораторный практикум. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа, 2009. – 31с.

**Пример экзаменационного билета  
(технические науки)**

1. Нанослойные покрытия, их свойства и область применения. Предпосылки для их получения. Особенности строения, толщина и ее влияние на физико-механические свойства. Титановые покрытия (TiAlN, TiN, TiCN).

2. Методы механических испытаний и оборудование испытаний. Определение прочностных и пластических свойств, стадии деформации на диаграмме. Механизмы деформационного упрочнения в наноматериалах. Вклады большеугловых и малоугловых границ зерен в упрочнение металлов. Соотношение Холла-Петча. Экспериментальная зависимость предела текучести от среднего размера зерна в наноматериалах.

3. Область применения наноматериалов. Информационные и компьютерные технологии; машиностроение; биология и медицина; наносистемы для вредных производств, ядерной энергетики. Наносистемы для систем вооружения и космических систем; конструкционные материалы; электромагнитная и электронная техника. Возможные ограничения в использовании наноматериалов.

**Пример экзаменационного билета  
(физико-математические науки)**

1. Классификация наноматериалов: по природе матрицы, по форме фаз, по способу получения, по геометрической размерности. Типы наноматериалов.

2. Особенности физических свойств наноматериалов. Электрические свойства и теплоемкость наноматериалов. Специфика их определения. Правило Матиссена-Флеминга.

3. Особенности природы рентгеноструктурного анализа при исследовании наноматериалов. Природа рентгеновских лучей. Метод Лауэ. Метод вращающегося кристалла. Метод Дебая-Шерера. Основные различия в рентгенограммах нанокристаллического и крупнозернистого образцов. Определение размера областей когерентного рассеяния и величины среднеквадратичных микроискажений кристаллической решетки при исследовании наноматериалов. Понятия кристаллографической текстуры, сферической проекции, стереографической проекции и полюсной фигуры.