

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»  
Физико-математический факультет

**Программа вступительного испытания  
для поступления в магистратуру по направлению:  
28.04.03 – Наноматериалы**

Профиль подготовки: Плазменные нанотехнологии

Казань 2020

## 1. Цели и задачи вступительного испытания

Вступительное испытание в магистратуру направлено на выявление степени готовности абитуриентов к освоению магистерской программы по направлению 28.04.03 «Наноматериалы». В ходе вступительного испытания оцениваются обобщенные знания и умения по теоретическим и методическим основам конструирования наноматериалов; выявляется степень сформированности компетенций, значимых для успешного обучения в магистратуре по направлению 28.04.03 «Наноматериалы».

## 2. Требования к результатам освоения основных образовательных программ бакалавриата для поступающих в магистратуру

Лица, имеющие диплом бакалавра, а также для лиц, имеющих высшее профессиональное образование желающих освоить данную магистерскую программу, зачисляются в магистратуру по результатам вступительных испытаний, программа которых разработана Университетом.

Абитуриент должен показать уровень знаний, соответствующих освоению следующих компетенций, эквивалентных компетенциям ФГОС направления 28.04.03 «Наноматериалы»:

1. Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень и профессионализм, устранять пробелы в знаниях и обучаться на протяжении всей жизни.
2. Владение навыками развития научного знания и приобретения нового знания путем исследований, оценки, интерпретации и интегрирования знаний, проведения критического анализа новых идей.
3. Способность свободно пользоваться русским и иностранным языками, как средством делового общения, базовой и специальной лексикой и основной терминологией по направлению подготовки, владением навыками в устной и письменной коммуникации, презентации планов и результатов собственной и командной деятельности, изложении проблем и решений, четких и ясных выводов с аргументированным изложением лежащих в их основе знаний и соображений любой аудитории.
4. Использование на практике умений и навыков в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом, работе в междисциплинарной команде.
5. Способность проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
6. Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.
7. Способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы) и формулированию новых исследовательских задач на основе возникающих проблем.
8. Владение навыками формирования и аргументации собственных суждений и научной позиции на основе полученных данных, умением анализировать и делать выводы по социальным, этическим, научным и техническим проблемам, возникающим в профессиональной деятельности, с учетом экологических последствий.
9. Способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к работе в различных направлениях и изменению профиля работы в области nanoиндустрии.

10. Владение умением и навыками самостоятельного использования современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области наноматериалов, наносистем и нанотехнологий.
11. Умение использовать методы моделирования, оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств наноматериалов и наносистем, а также изделий на их основе, и эффективности технологических процессов.
12. Понимание и самостоятельное использование фундаментальных знаний математики, физики, химии и биологии, принципов и методик исследований, испытаний и диагностики наноматериалов и наносистем для создания инновационных технологий и управления их качеством для различных областей nanoиндустрии, наличие навыков комплексного подхода к исследованию наноматериалов и нанотехнологий, включая стандартные и сертификационные испытания наноматериалов, изделий и процессов.
13. Способность самостоятельно использовать современные представления наук о материалах для анализа влияния размерного фактора на механические, физические, химические и биологические свойства материалов, влияние наноматериалов на человека и окружающую среду.
14. Наличие навыков самостоятельного сбора данных, изучения, анализа и обобщения научно-технической информации по тематике исследования, разработки и использования технической документации, основных нормативных документов по вопросам интеллектуальной собственности, подготовки документов к патентованию, оформлению ноу-хау на основе знаний основных положений в области интеллектуальной собственности, патентного законодательства и авторского права Российской Федерации.
15. Углубленное знание основных типов наноматериалов и наносистем, владение навыками самостоятельного выбора наноматериалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения.
16. Способность использовать технологические процессы и операции, с учетом их назначения и способов реализации, нормативные и методические материалы по технологической подготовке производства, качеству, стандартизации и сертификации изделий и процессов.
17. Владение навыками самостоятельного использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов, структуры и свойств наноматериалов и наносистем, изделий на их основе, а также планирования и реализации исследований и разработок
18. Наличие навыков самостоятельной разработки методов и средств автоматизации процессов производства, выбора оборудования, методов и приемов организации труда, обеспечивающих эффективное, технически и экологически безопасное производство.
19. Способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в области nanoиндустрии.
20. Владение навыками самостоятельного проектирования технологического процесса производства наноматериалов, изделий на их основе с использованием современных наборов прикладных программ и компьютерной графики, сетевых технологий и баз данных.
21. Знание и умение использовать основные категории и понятия общего и производственного менеджмента в профессиональной деятельности, владением навыками анализа технологического процесса как объекта управления, проведения стоимостной оценки основных произ-

водственных ресурсов, обобщения и анализа информации по использованию ресурсов предприятия.

22. Владение основами системы управления качеством продукции и готовность к внедрению этой системы.

23. Владение основами менеджмента высокотехнологичного инновационного бизнеса, в том числе малого, готовность применения знаний, умений и навыков в профессиональной деятельности в области наноиндустрии.

24. Наличие навыков разработки оперативных планов работы первичных производственных подразделений, у правления технологическими процессами, оценки рисков и определения мер по обеспечению экологической и технической безопасности разрабатываемых материалов, техники и технологий, умением выбирать наиболее рациональные способы защиты и порядка в действиях малого коллектива в чрезвычайных ситуациях.

25. Владение навыками организационно-управленческой работы с малым коллективом и принятия решений.

### *3. Содержание программы вступительного экзамена*

#### **3.1. Тематика вопросов**

##### ***Термодинамика***

Макроскопическое состояние. Физические величины и состояния физических систем. Макроскопические параметры как средние значения.

Распределение Максвелла. Распределение Больцмана.

Макро- и микросостояния. Обратимые и необратимые процессы. Статистический вес. Энтропия. Степень свободы молекул, закон о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул.

Термодинамические параметры. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Теплоемкость многоатомных газов. Ограниченность классической теории теплоемкости. Второе и третье начала термодинамики. Термодинамические потенциалы и условия равновесия.

Явления переноса. Диффузия. Теплопроводность. Коэффициенты диффузии теплопроводности. Внутреннее трение (вязкость газов).

##### ***Электродинамика***

Предмет классической электродинамики. Концепции близкого действия и дальнего действия. Напряженность и потенциал электростатического поля.

Проводники в электростатическом поле. Граничные условия на поверхности раздела «идеальный проводник - вакуум».

Диэлектрики в электростатическом поле. Электрическое смещение. Основные уравнения электростатики диэлектриков. Граничные условия на поверхности раздела «диэлектрик-диэлектрик» и «проводник-проводник».

Энергия электрического поля. Плотность энергии электростатического поля.

Условия возникновения и существования тока. Проводники и диэлектрики. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Сторонние силы, ЭДС источника. Классическая теория электропроводности. Механизмы электропроводности. Закон сохранения энергии для замкнутой цепи.

Магнитное поле. Магнитная индукция. Магнитный поток. Поток и циркуляция магнитного поля. Принцип суперпозиции для магнитного поля. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Закон Био-Савара-Лапласа.

Магнитное поле и магнитный момент кругового тока. Магнитный диполь. Энергия контура с током во внешнем магнитном поле. Намагничивание магнетика. Напряженность магнитного поля.

Явление электромагнитной индукции. Явления самоиндукции. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля. Плотность энергии магнитного поля. Электромагнитные колебания.

Теория электромагнитного поля Максвелла. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.

### Квантовая физика

Квантовая гипотеза Планка. Фотоэффект. Фотоны.

Гипотеза Луи-де-Бройля. Опыты Джермера и Девиссона по дифракции микрочастиц. Понятие микрочастицы. Принцип неопределенности и соотношение неопределенностей Гейнберга.

Теория Бора для атома водорода.

Характер описания частицы в квантовой механике, прохождение электрона через узкую щель, измерения в квантовой механике.

Волновая функция, ее физический смысл, принцип суперпозиции в квантовой механике, операторы в квантовой механике, уравнения на собственные функции собственные значения оператора, сумма операторов, произведение операторов.

Стационарные и нестационарные уравнения Шредингера, электрон в бесконечно глубокой потенциальной яме, прохождение частицы через потенциальный барьер, туннельный эффект, гармонический осциллятор.

Атом водорода в квантовой механике, квантовые числа, их физический смысл, спектр излучения атома водорода.

Спиновое число, принцип запрета Паули. Принцип тождественности микрочастиц.

### Физика твердого тела

Классификация и основные типы конденсированных сред (жидкости, стекла, аморфные системы, жидкие кристаллы, кристаллические тела, а также конденсированные системы, созданные с помощью нанотехнологий).

Межатомное взаимодействие и основные типы связей в конденсированных средах. Ионные, ковалентные и молекулярные кристаллы, металлы.

Динамические характеристики и тепловые свойства кристаллической решетки. Нормальные колебания в линейной одномерной цепочке атомов. Фононы.

Тепловые свойства кристаллической решетки. Закон Дебая. Температура Дебая. Закон Дюлонга и Пти. Теплоемкость электронного газа.

Основы зонной теории кристаллических твердых тел. Движение свободной заряженной частицы в кристаллической решетке. Понятие зоны Бриллюэна. Зависимость энергии от квазиимпульса для электрона в решетке. Эффективная масса электронов.

Полупроводники. Зонная структура. Электроны и дырки. Донорные и акцепторные уровни. Уровень Ферми в примесном полупроводнике. Проводимость полупроводников. Эффект Холла.

Сверхпроводимость. Свойства сверхпроводящего состояния. Качественная модель сверхпроводящего состояния металлов

Квантование магнитного потока. Туннельный контакт. Эффект Джозефсона

Атом в магнитном поле. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм и ферримагнетизм

### *Физика газового разряда*

Средняя длина свободного пробега частицы. Вероятность взаимодействия частиц на пути равной средней длине свободного пробега. Эффективное сечение взаимодействия.

Скорость дрейфа электронов в электрическом поле.

Дрейфовый и диффузионный потоки заряженных частиц в слабых электрических полях при термодинамическом равновесии.

Условие возникновения амбиполярной диффузии.

Эффект Пеннинга.

Механизмы формирования отрицательных ионов.

Формула Саха.

Отличие несамостоятельного разряда от самостоятельного.

Что является источником электронов для разряда в газе?

Сравнение процессов, протекающих в несамостоятельном разряде и в самостоятельном разряде. График распределения потенциала в разрядном промежутке при самостоятельном разряде. Условие существования самостоятельного разряда.

Вольт-амперная характеристика самостоятельного разряда, пояснить области. Напряжение зажигания разряда и напряжение горения. Роль балласта в цепи газового разряда.

Коэффициент газового усиления.

Как меняется плотность тока на катоде с увеличением разности потенциалов при нормальном законе плотности тока в газовом разряде?

Причины возникновения страт в разряде.

Типы высокочастотных источников плазмы.

## Нанотехнологии

Что понимают под термином нанотехнология?

Каково место объектов наномира на общей шкале размеров?

Определите пространственную размерность нанообъектов.

Что такое фуллерен? Чем отличается молекулы  $C_{60}$  от  $C_{70}$ ?

Каковы особенности фуллеренов?

Что такое фуллериты?

Охарактеризуйте структурные особенности одностеночных и многостеночных УНТ в сравнении с другими структурными состояниями углерода (алмаз, графит, фуллерены).

Определите соотношение между диаметром одностеночных УНТ и хиральными числами  $m$  и  $n$ , а также хиральным углом и хиральными числами.

Что такое наноконпозиционный материал?

Перечислите основные методы получения наноматериалов.

Каковы особенности получения нанопорошков?

Какие методы положены в основу тонкопленочной технологии получения наноструктурных пленок, покрытий?

В чем отличия метода магнетронного распыления от метода вакуумно-дугового осаждения?

С помощью, каких методов можно получать фуллерены?

Какие атомные субстанции являются эффективными катализаторами роста УНТ, в частности, массивов ориентированных УНТ?

Каковы основные особенности выращивания УНТ методом дугового разряда?

## 3.2. Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Учебник: В 3-х т. СПб: Лань, 2008, т.1-3.
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики /Учебное пособие. 2004, 672 с.
3. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Начальные главы квантовой механики//Учебное пособие. М.: Физматлит, 2004, 360с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Квантовая механика//М.: Физматлит, 2004, 800с.
5. Байков Ю., Кузнецов В.М. Физика конденсированного состояния : учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 293 с.: ил. - (Учебник для высшей школы).
6. А.Г. Гуревич, Физика твердого тела, Санкт-Петербург, Невск. диалект, 2004 г.

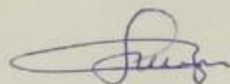
7. Бушманов Б.Н., Хромов Ю.А. Физика твердого тела. М., Высшая школа, 1972, 201 с.
8. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела/ М.: Наука, 1978.792 с.
9. А. А. Кудрявцев, А. С. Смирнов, Л. Д. Цендин. Физика тлеющего разряда : учеб. пособие для студ. вузов / - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 512 с.
10. В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. Основы физики плазмы : учеб. пособие / - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 448 с.
11. Ю.П.Райзер. Физика газового разряда. Наука 2009 г.
12. Введение в нанотехнологию : учеб. для студ. вузов / В. И. Марголин [и др.]. - СПб. : Лань, 2012. - 464 с.
13. Нанотехнологии в машиностроении : учеб. пособие для студ. вузов / Ю. Н. Полянчиков [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2014. - 92 с.
14. Тимеркаев Б.А. «ВВЕДЕНИЕ В НАНОИНЖЕНЕРИЮ». Электронное уч. пособие для бакалавров в Вб. 2016. 150с.
15. Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособие / В. В. Старостин ; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 431 с.

Декан ФМФ



Галимова Р.К.

Заведующий кафедрой ОФ



Тимеркаев Б.А.