

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем  
Академик РАН

 В.М. Иевлев  
подпись, расшифровка подписи

16.05.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.10 Наноматериалы**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

**04.03.02 – Химия, физика и механика материалов**

**2. Профиль подготовки: *Материаловедение и индустрия наносистем***

**3. Квалификация выпускника: *бакалавр***

**4. Форма обучения: *очная***

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *материаловедения и индустрии наносистем***

**6. Составители программы: *Сладкопезцев Борис Владимирович, кандидат химических наук, доцент***

**7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета, протокол №10-03 от 27.03.2025

**8. Учебный год: 2028/2029**

**Семестр(ы): 8**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование у студентов системы представлений об основных видах наноматериалов, их свойствах и областях использования в настоящее время или в перспективе.

Задачи учебной дисциплины:

Студенты должны:

- получить представления о наноматериалах, познакомиться с различными подходами к их классификации (с точки зрения мерности, функциональных свойств, областей применения и т.д.);
- знать основные свойства того или иного наноматериала, прогнозировать возможные свойства с учётом полученных ранее из других курсов знаний о веществах и материалах;
- знать области применения наноматериалов в настоящее время и в будущем.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Часть, формируемая участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули).

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: для освоения курса студент должен быть знаком с основными разделами общей и неорганической химии, знать основные методы синтеза и анализа состава и структуры вещества в наноразмерном состоянии.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих курсах, изученных студентами ранее:

- Общая и неорганическая химия
- Физика
- Органическая химия
- Нанотехнологии
- Нанокластеры и наноструктуры: синтез и свойства

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код  | Название компетенции                                                                                                                                        | Код(ы) | Индикатор(ы)                                                                                                                | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2 | Способен использовать знания о методах синтеза и свойствах материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, для решения профессиональных задач | ПК-2.1 | Выбирает методы синтеза материалов различного назначения (в том числе наноматериалов) в соответствии с поставленной задачей | Знать: основные методы синтеза важнейших наноматериалов<br>Уметь: использовать полученные знания для выбора методов синтеза наноматериалов и характеристики их свойств.<br>Владеть: навыками постановки и решения конкретных задач синтеза наноматериалов                                                                                                             |
|      |                                                                                                                                                             | ПК-2.2 | Использует знания о свойствах материалов для решения конкретных профессиональных задач                                      | Знать: основные классы наноматериалов, их свойства и области применения в настоящее время и в перспективе<br>Уметь: использовать полученные знания для решения профессиональных задач, связанных с исследованиями и применением наноматериалов<br>Владеть: терминологией в изучаемой области; навыками поиска и анализа информационных источников в изучаемой области |

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4/144.**

**Форма промежуточной аттестации – зачет**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

| Вид учебной работы                      |                 | Трудоемкость |              |             |
|-----------------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|
|                                         |                 | Всего        | По семестрам |             |
|                                         |                 |              | 8 семестр    | ... семестр |
| Контактная работа                       |                 | 100          | 100          |             |
| в том числе:                            | лекции          | 30           | 30           |             |
|                                         | практические    | 40           | 40           |             |
|                                         | лабораторные    | 30           | 30           |             |
|                                         | курсовая работа | –            | –            |             |
| Самостоятельная работа                  |                 | 44           | 44           |             |
| Промежуточная аттестация (для экзамена) |                 |              |              |             |
| Итого:                                  |                 | 144          | 144          |             |

**13.1. Содержание дисциплины**

| п/п              | Наименование раздела дисциплины                                         | Содержание раздела дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *                                                |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Лекции</b> |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                             |
| 1.1              | Основные понятия дисциплины. Нульмерные наноструктурированные материалы | Наноматериалы, способы их классификации. Классификация по мерности, по функциональным свойствам и областям применения. Нанокристаллы. Синтез монокристаллических наноматериалов в нанокристаллическом состоянии.                                                                                                                                                              | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 1.2              | Одномерные наноструктурированные материалы                              | Тубулярные наноструктуры. Классификация, методы синтеза, области применения. Углеродные и неуглеродные нанотрубки. Тубулярные наноструктуры на основе дисульфидов вольфрама и молибдена. Топотактический процесс. Одномерные наноструктуры на основе оксидов титана, ванадия, цинка. Функционализация нанотрубок как путь создания материалов с заранее заданными свойствами. | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 1.3              | Квантовые наноструктуры                                                 | Квантовые ямы, проволоки, точки. Способы синтеза квантовых наноструктур.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 1.4              | Двумерные наноструктурированные материалы                               | Тонкие пленки. Наноматериалы для мембран. Нанолитография на монослоях. Электрохимические способы получения нанокристаллических покрытий. Распад слоистых структур на отдельные слои в неводных растворителях в присутствии ПАВ. Многослойные структуры.                                                                                                                       | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 1.5              | Объемные наноструктурированные материалы                                | Основные виды. Методы наноструктурирования. Влияние наноструктурированного объемного материала на магнитные свойства. Разупорядоченные твердотельные структуры. Наноструктурированные многослойные материалы.                                                                                                                                                                 | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |

|                                |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                             |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |                                                                         | Нанокерамика. Пористый кремний.<br>Наноструктурированные кристаллы. Природные нанокристаллы. Наночастицы в цеолитах.<br>Кристаллы из металлических наночастиц.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                             |
| 1.6                            | Применение функциональных наноматериалов                                | Наномеханизмы и наноустройства. Микро- и наноэлектромеханические системы. Актуаторы (электростатические, магнитные, тепловые, гидравлические и т.д.). Сенсорные НЭМС. Нанoeлектроника и молекулярная электроника<br>Наноматериалы в электронике. Системы записи и магнитные носители информации<br>Сенсоры. Катализ. Преобразование солнечной энергии, топливные ячейки, нано-батареи.<br>Фотонные кристаллы, их размерность. Методы формирования фотонных кристаллов. Материалы на основе фотонных кристаллов, области применения.  | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| <b>2. Практические занятия</b> |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                             |
| 2.1                            | Основные понятия дисциплины. Нульмерные наноструктурированные материалы | Нанокластеры. Углеродные кластеры. Фуллерены. Неуглеродные шарообразные молекулы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 2.2                            | Одномерные наноструктурированные материалы                              | Углеродные нанотрубки. Характеристика, методы синтеза, свойства. Нанонити. Нанонити на основе углерода и металлов. Методы их получения. Физико-химические свойства нанонитей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 2.3                            | Квантовые наноструктуры                                                 | Применение квантовых наноструктур. Перспектива использования квантовых точек в создании дисплеев (QD-LED) и светоизлучающих систем. Лазеры на квантовых точках. Квантовые точки в биологических исследованиях.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 2.4                            | Двумерные наноструктурированные материалы                               | Двумерные наноматериалы на основе углерода. Графен.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 2.5                            | Объёмные наноструктурированные материалы                                | Квазикристаллические наноматериалы, перспективные в машиностроении, альтернативной и водородной энергетике. Конструкционные наноструктурные твердые сплавы. Наноструктурные защитные термо- и коррозионностойкие покрытия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 2.6                            | Применение функциональных наноматериалов                                | Материалы для бионанотехнологии<br>Биологические наноструктуры. Конструкционные наноматериалы для медицины.<br>Нанофармакология, наноматериалы как лекарства и как носители лекарств. Диагностика заболеваний и наносистемы – магнитная томография (магнитные наночастицы – зонды), маркеры.<br>Нанокompозиты. Наночастицы в керамической, металлической или полимерной матрице.<br>Магнитные нанокompозиты. Каталитические нанокompозиты. Макромолекулярные и супрамолекулярные структуры. Биологические нанокompозитные материалы. | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| <b>3. Лабораторные занятия</b> |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                             |
| 3.1                            | Основные понятия дисциплины. Нульмерные наноструктурированные материалы | Лабораторная работа «Сборка солнечного элемента нового типа с использованием нанотехнологий»<br>Лабораторная работа «Исследование морфологии поверхности гетероструктур $\text{MeO}/\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ посредством нанотехнологического комплекса                                                                                                                                                                                                                                                             | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |

|     |                                          |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                             |
|-----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                          | «Умка»»                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                             |
| 3.2 | Объёмные наноструктурированные материалы | Лабораторная работа «Получение ферромагнитных жидкостей на основе высокодисперсного магнетита $\text{Fe}_3\text{O}_4$ и исследование их свойств»                                                           | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |
| 3.3 | Объёмные наноструктурированные материалы | Лабораторная работа «Синтез нанопористого $\text{Al}_2\text{O}_3$ методом анодного оксидирования алюминиевых фольг»<br>Лабораторная работа «Синтез пористого фосфида индия методом анодного оксидирования» | ЭУМК<br><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145</a> |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                                  | Виды занятий (количество часов) |              |              |                        |       |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
|       |                                                                         | Лекции                          | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 1     | Основные понятия дисциплины. Нульмерные наноструктурированные материалы | 4                               | 4            | 20           | 8                      | 36    |
| 2     | Одномерные наноструктурированные материалы                              | 6                               | 8            | –            | 6                      | 20    |
| 3     | Квантовые наноструктуры                                                 | 4                               | 6            | –            | 4                      | 14    |
| 4     | Двумерные наноструктурированные материалы                               | 4                               | 8            | –            | 8                      | 20    |
| 5     | Объёмные наноструктурированные материалы                                | 6                               | 8            | 10           | 8                      | 32    |
| 6     | Применение функциональных наноматериалов                                | 6                               | 6            | –            | 10                     | 22    |
|       | Итого:                                                                  | 30                              | 40           | 30           | 44                     | 144   |

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе изучения дисциплины предполагается: работа с конспектами лекций и литературными источниками; подготовка кратких сообщений.

В рамках курса достаточно большое внимание уделено внеаудиторной самостоятельной работе студентов, предполагается работа с литературными источниками. Специфика предмета заключается в большом количестве новой информации, которая появляется постоянно, поэтому необходимо самостоятельно работать с электронными библиотеками, научными журналами, специализированными ресурсами и источниками Интернета.

Следует отметить, что данный курс очень тесно взаимосвязан с дисциплиной «Нанотехнологии» (читается в 7 семестре), где были рассмотрены основные методы синтеза веществ и материалов в наноразмерном состоянии, поэтому здесь рассматриваются только в основном особые, частные методы синтеза тех или иных наноматериалов. В то же время в рамках курса «Наноматериалы» необходимо часто актуализировать полученные ранее знания, проводя опросы и беседы со студентами для формирования целостной картины. Кроме того, некоторые разделы данного курса, такие как «Кластеры углерода. Фуллерены», «Углеродные нанотрубки», «Металлические кластеры» и некоторые другие достаточно подробно были рассмотрены в рамках курса «Нанокластеры и наноструктуры: синтез и свойства», поэтому здесь делается в основном упор на их свойства и области применения.

Использование ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145>. ЭУМК «Наноматериалы» на портале ВГУ «Электронный университет» содержит методические

материалы, презентации лекций, учебные пособия и необходимые для изучения дисциплины материалы. При реализации дисциплины также используются сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и социальные сети.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины** (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Фахльман Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Фахльман ; пер. с англ. Д. О. Чаркина и В. В. Уточниковой ; под ред. Ю. Д. Третьякова и Е. А. Гудилина. – Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 463 с.                                                                                                                                           |
| 2.    | Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е., испр. – Москва : Физматлит, 2009. – 414 с. // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=68859">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=68859</a> |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.    | Елисеев А. А. Функциональные наноматериалы: учеб. пособие / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. – Москва : Физматлит, 2010. – 456 с.                                                                                                                                                                                        |
| 4.    | Рыжонков Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 365 с.                                                                                                                                                               |
| 5.    | Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография / под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана ; пер. с англ. А.Д. Калашникова. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 527 с.                                                                                                                       |
| 6.    | Чаплыгин Ю. А. Нанотехнологии в электронике / Ю. А. Чаплыгин. – Москва : Техносфера, 2015. – 479 с. // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468348">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468348</a> . |
| 7.    | Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологии: учеб. пособие / под общ. ред. Патрикеева Л. Н. – Москва : Бином. Лаб. знаний, 2008. – 431 с.                                                                                                                                                                     |
| 8.    | Российские нанотехнологии : журнал                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9.    | Nano Letters : scientific journal, American Chemical Society                                                                                                                                                                                                                                                        |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

| № п/п | Ресурс                                                                                                                                                                                               |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | <a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a> - сайт Зональной Научной Библиотеки Воронежского государственного университета                                                         |
| 2.    | "Университетская библиотека online", <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>                                                                                                       |
| 3.    | <a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a> - Нанотехнологическое сообщество «Нанометр»                                                                                          |
| 4.    | <a href="http://www.nanonewsnet.ru/">http://www.nanonewsnet.ru/</a> - новости нанотехнологий, информационно-аналитическое издание, посвященное вопросам популяризации и развития нанотехнологий в РФ |
| 5.    | <a href="http://www.rusnanonet.ru/">http://www.rusnanonet.ru/</a> - информационно-аналитический портал российской национальной нанотехнологической сети                                              |

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Миттова И. Я. Наноматериалы: свойства порошков и компактных некристаллических материалов : учебное пособие для вузов / И. Я. Миттова, Е. В. Томина, С. С. Лаврушина; Воронеж. гос. ун-т. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007. – 69 с.                                                                                                              |
| 2.    | Практикум синтез и исследование нанодисперсных систем [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 4 к. днев. отд-ния хим. фак., для направления 020300 - Химия, физика и механика материалов] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: Е. В. Томина и др.]. – Электрон. текстовые дан. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. |

## **17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации дисциплины используются различные типы лекций – вводные лекции, информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации), по отдельным темам – обзорные. На практических занятиях: выступление с краткими сообщениями, круглые столы. На лабораторных занятиях – выполнение и защита лабораторных работ. Текущая аттестация осуществляется в форме контрольных работ, промежуточная – по КИМ. ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4145>

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и социальные сети.

## **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук. Microsoft Windows

Учебная аудитория 358а, Лаборатория синтеза и технологии наноматериалов.

Комплекс нанотехнологического оборудования «УМКА»

- Источник постоянного тока Agilent N8740A
- Цифровой мультиметр Agilent 34401a
- Магнитная мешалка

## **19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

---

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п                                              | Наименование раздела дисциплины (модуля)                                   | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства                    |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1.                                                 | Основные понятия дисциплины.<br>Нульмерные наноструктурированные материалы | ПК-2           | ПК-2.1<br>ПК-2.2                    | Устный опрос                          |
| 2.                                                 | Одномерные наноструктурированные материалы                                 | ПК-2           | ПК-2.1<br>ПК-2.2                    | Устный опрос<br>Контрольная работа №1 |
| 3.                                                 | Квантовые наноструктуры                                                    | ПК-2           | ПК-2.1<br>ПК-2.2                    | Устный опрос                          |
| 4.                                                 | Двумерные наноструктурированные материалы                                  | ПК-2           | ПК-2.1<br>ПК-2.2                    | Устный опрос                          |
| 5.                                                 | Объёмные наноструктурированные материалы                                   | ПК-2           | ПК-2.1<br>ПК-2.2                    | Устный опрос<br>Контрольная работа №2 |
| 6.                                                 | Применение функциональных наноматериалов                                   | ПК-2           | ПК-2.1<br>ПК-2.2                    | Устный опрос                          |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля – зачёт |                                                                            |                |                                     | Перечень вопросов                     |

## **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

*Контрольная работа*

*Краткие сообщения*

*Круглый стол*

*Защита лабораторных работ*

---

Предполагается использование балльно-рейтинговой системы (БРС).

Максимальные баллы:

- Контрольная работа – 5 баллов;
- Круглый стол – 5 баллов;
- Краткие сообщения – 3 балла;
- Выполнение и защита четырёх лабораторных работ – 5 баллов.

Оценка «зачтено» может быть выставлена автоматом в случае, если студент наберёт 40 баллов и более по итогам работы в семестре.

### **Перечень заданий для контрольных работ**

#### **Контрольная работа №1**

Время выполнения – 60 мин. Один КИМ содержит три вопроса из перечня ниже. Необходимо представить развёрнутый ответ на вопрос, нарисовать необходимые схемы и т.д.

1. Понятие “дисперсные системы”. Классификация дисперсных систем. Агрегаты и агломераты
2. Классификация наноматериалов с точки зрения стандарта ISO
3. Виды одномерных наноструктур (с общей характеристикой линейных размеров)
4. Механизмы формирования одномерных наноструктур
5. Тубулярные наноструктуры на основе дисульфидов молибдена и вольфрама. Методы синтеза и свойства
6. Тубулярные наноструктуры на основе оксидов ванадия и титана. Методы синтеза, основные свойства
7. Материалы на основе УНТ (приведите не менее двух примеров материалов, общую характеристику их свойств и областей применения)
8. Устройства на основе УНТ: диоды и дисплеи (приведите схему и опишите общий принцип их работы)
9. Устройства на основе УНТ: полевые транзисторы и источники рентгеновского излучения (приведите схему и опишите общий принцип их работы)

#### **Контрольная работа №2**

Время выполнения – 50 мин. Один КИМ содержит два вопроса из перечня ниже. Необходимо представить развёрнутый ответ на вопрос, нарисовать необходимые схемы и т.д.

1. Методы синтеза графена (приведите не менее трёх примеров)
2. Материалы на основе графена (по Вашему выбору, не менее двух примеров. Приведите основные характеристики материалов и области применения)
3. Химическое осаждение из растворов как метод синтеза плёнок: основные стадии процесса, преимущества и недостатки метода
4. Технология Лэнгмюра-Блоджетт: принцип метода, разновидности и области применения плёнок
5. Сравнение возможностей методов МЛЭ и магнетронного распыления (сравнительный анализ в виде таблицы)
6. Методы синтеза трёхмерных наноструктурированных материалов (приведите примеры не менее трёх методов, опишите их сущность и возможности)

Описание технологии проведения

Контрольная работа проводится в письменном виде, длительность контрольной работы указана в соответствующем разделе, перечень тем для подготовки студентам известен заранее.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Максимальный балл – 5.

Балл «5» ставится при выполнении всех заданий КИМ, представлении развёрнутого и правильного ответа, сопровождаемого необходимыми иллюстрациями и схемами, ответами на каждый раздел вопроса.

Балл «4» ставится при выполнении от 60% работы и выше, имеются отдельные неточности, не грубые ошибки.

Балл «3» ставится при выполнении от 40 до 59% работы, имеются неточности, ответы неполные, отсутствуют некоторые части ответа.

Балл «2» ставится при отсутствии ответа/неполном ответе и не учитывается в балльно-рейтинговой системе.

### **Перечень тем для обсуждения – круглый стол**

#### **Круглый стол №1. «Микро- и нанoeлектромеxанические системы. Наномеханизмы и наноустройства»**

1. Законы пропорциональной миниатюризации. Числа Коши, Фруда, Фурье, Рейнольдса, Вебера

2. Микро- и нанотрибология

3. Проблемы наномеханики и износ механизмов

4. Электростатические и магнитные актюаторы

5. Пьезоэлектрические, тепловые и гидравлические актюаторы

6. Сенсорные НЭМС

7. Технологии производства НЭМС и МЭМС

8. Молекулярные актюаторы

9. Основные тенденции и перспективы развития НЭМС

#### **Круглый стол №2. Круглый стол «Углеродные наноматериалы»**

1. Общая характеристика углеродных материалов. Классификация и разновидности

2. Фуллерены. Структура и основные методы синтеза. Нанолуковицы

3. Фуллерит. Фуллериды. Фуллеренсодержащие материалы

4. Углеродные нанотрубки. Структура и физические свойства. Углеродные нановолокна

5. Методы синтеза углеродных нанотрубок

6. Материалы на основе УНТ (нанобумага, аэрогели, плёнки и покрытия, «лес» УНТ (в том числе Vantablack) и др.)

7. Устройства на основе УНТ. Принципы работы

8. Графен: структура, дефекты и физические свойства

9. Методы синтеза и характеристики графена и его аналогов. Химия графена

10. Материалы на основе графена и его аналогов

11. Устройства на основе графена

12. Наноалмазы и наноплёнки

13. Терморасширенный графит. Пиролитический графит. Пенографит

14. Нанокompозиты на основе углерода

#### **Круглый стол №3. Круглый стол «Наноматериалы в электронике»**

Круглый стол на основе материала книги: Чаплыгин Ю. А. Нанотехнологии в электронике / Ю. А. Чаплыгин. – Москва : Техносфера, 2015. – 479 с.

Описание технологии проведения

Круглые столы готовятся в формате выступлений по отдельным вопросам (с использованием презентаций и иллюстративного материала) и обсуждения при участии всех присутствующих.

## Защита лабораторных работ

Оформление и представление результатов выполненных лабораторных работ осуществляется в соответствии с требованиями, приведённых в учебно-методическом пособии по практикуму. Защита лабораторной работы проводится в процессе беседы со студентом. В начале проверяется правильность оформления работы, формулирования выводов. Затем происходит опрос, включающий вопросы о ходе выполнения работы, полученных результатах, а также контрольные вопросы к каждой работе.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Промежуточная аттестация студентов является основной формой контроля аудиторной работы студентов и проводится с целью установления уровня и качества подготовки студентов и определяет:

- полноту и прочность теоретических знаний;
- сформированность умений применять теоретические знания при решении практических и профессиональных задач;
- сформированность общих и профессиональных компетенций.

Подготовка к промежуточной аттестации является формой самостоятельной работы студентов. При этом обучающийся должен использовать рекомендованный рабочей программой перечень основной и дополнительной литературы, материалы лекций, информационные и электронно-образовательные ресурсы.

Промежуточная аттестация проводится в устной форме. Преподаватель, ответственный за её проведение, вправе задавать студентам дополнительные вопросы по любым разделам учебной дисциплины; все вопросы и ответы фиксируются в листе ответов студента. Время зачета с оценкой и экзамена регламентируется действующими нормативными документами. Результат промежуточной аттестации заносится преподавателем в лист ответов обучающегося (после чего студент расписывается, подтверждая своё согласие с выставленной оценкой), а также в зачетно-экзаменационную ведомость.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### *Собеседование по билетам к зачету*

---

Перечень вопросов к зачету и порядок формирования КИМ

1. Нульмерные наноструктуры. Способы получения и применение.
2. Одномерные наноструктуры. Материалы на их основе, способы получения.
3. Тубулярные наноструктуры. Углеродные и неуглеродные нанотрубки.
4. Двумерные наноструктуры. Основные методы синтеза.
5. Графен: свойства, способы получения и перспективы применения.
6. Наноматериалы для фотоники.
7. Наноструктурированные многослойные материалы.
8. Наноструктурные защитные термо- и коррозионностойкие покрытия.
9. Электрохимические способы получения нанокристаллических покрытий и объёмных материалов.
10. Квантовые наноструктуры (точки, проволоки, ямы). Способы получения.
11. Применение квантовых наноструктур.
12. Пористые наноматериалы: методы синтеза и области применения.
13. Материалы для производства мембран.
14. Разупорядоченные твердотельные структуры.
15. Материалы для записи и хранения информации.
16. Фотонные кристаллы: способы получения, свойства и применение.
17. Нанокompозиты.
18. Нанокерамика.
19. Материалы для МЭМС и НЭМС.

20. Микро- и нанотрибология. Преобразование энергии.
  21. Нанoeлектроника. Современные транзисторы.
  22. Наносистемы для диагностики заболеваний.
  23. Конструкционные наноматериалы для медицины.
  24. Биологические наноструктуры. Биомиметика.
  25. Нанofармакология, наноматериалы как лекарства и как носители лекарств.
  26. Преобразование солнечной энергии, топливные ячейки.
  27. Наноматериалы с сенсорными и каталитическими свойствами.
- Каждый КИМ содержит 2 вопроса из разных разделов программы.

Описание технологии проведения

На подготовку письменного ответа на вопросы КИМ (на листах ответов) даётся 60 минут, после этого проводится устная беседа.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели: владение теоретическими основами дисциплины, способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

| Критерии оценивания компетенций                                                                                                       | Шкала оценок      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами.</i> | <i>Зачтено</i>    |
| <i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки</i>                                            | <i>Не зачтено</i> |