

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета РТЭ _____ В.А. Небольсин

«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Физико-химические основы нанотехнологии»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль Инженерные нанотехнологии в приборостроении

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы _____ /Липатов Г.И./

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой электроники
и наноэлектроники _____ /Рембеза С.И./

Руководитель ОПОП _____ /Липатов Г.И./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у обучающихся знаний о назначении, физических принципах и методах выполнения основных процессов производства в микро- и нанотехнологии.

1.2. Задачи освоения дисциплины

иметь представление об основных технологических процессах производства микро- и наноразмерных структур — химическом осаждении из газовой фазы (ХОГФ), молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ), атомно-слоевом осаждении (АСО), методах, основанных на использовании сканирующих зондов, нанолитографии, саморегулирующихся процессах, процессах очистки.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физико-химические основы нанотехнологии» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования;

ПК-3 — Способность проводить информационный поиск по отдельным объектам исследований;

ПКВ-2 — Готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования в производстве приборов и устройств микро- и нанoeлектроники.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	Знать физические принципы и основные технологические процессы формирования структур в микро- и нанотехнологии
	Уметь проводить расчет режимов базовых технологических операций производства структур в микро- и нанотехнологии
	Владеть методами анализа технологических процессов производства микро- и наноразмерных структур
ПК-3	Знать методы обработки результатов исследований

ПКВ-2	Уметь представлять результаты исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
	Владеть анализом и систематизацией результатов исследований
	Знать современные технологические процессы и технологическое оборудование производства микро- и наноразмерных структур
	Уметь выбирать оптимальные технологические процессы производства микро- и наноразмерных структур
	Владеть навыками разработки технологической документации для производства микро- и наноразмерных структур

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий:
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
лекции	36	36
лабораторные работы (лр)	18	18
Самостоятельная работа	90	90
Виды промежуточной аттестации — зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	144	144
з.е.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Лекции	Лаб. зан.	СРС	Всего часов
1	Гетерогенные процессы формирования наноструктур	Общая характеристика процессов осаждения слоев из газовой (паровой) фазы. Модели роста слоев при ХОГФ. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Атомно-слоевое осаждение. Пучково-плазменные технологии. Электрохимические процессы	24	18	70	108
2	Наноформообразование	Гетеропленки. Наногофрированные структуры. Технология создания квантовых точек. Нанопечатная литография	6	—	10	16

3	Методы зондовой нанотехнологии	Физические основы зондовой нанотехнологии. Формирование нанорельефа. Локальное анодное окисление	4	—	10	14
4	Технологии самоорганизации структур	Технологии самоорганизации структур	2	—	4	6
Итого			36	18	90	144

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Расчет скорости осаждения пленок из парогазовой фазы в различных режимах протекания процесса и изменения состава пленок по толщине при вакуум-термическом напылении.

2. Исследование процесса эпитаксиального осаждения кремния.

3. Изучение процесса непрерывной ректификации.

5.3 Перечень практических занятий

Не предусмотрены учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	Знает физические принципы и основные технологические процессы формирования структур в микро- и нанотехнологии	Выполнение лабораторных работ. Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Умеет проводить расчет режимов базовых технологических операций производства структур в микро- и нанотехнологии	Выполнение лабораторных работ. Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеет методами анализа технологических процессов производства микро- и наноразмерных структур	Выполнение лабораторных работ. Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

ПК-3	Знает методы обработки результатов исследований	Выполнение лабораторных работ. Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Умеет представлять результаты исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	Выполнение лабораторных работ. Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеет анализом и систематизацией результатов исследований	Выполнение лабораторных работ. Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-2	Знает современные технологические процессы и технологическое оборудование производства микро- и наноразмерных структур	Выполнение лабораторных работ. Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Умеет выбирать оптимальные технологические процессы производства микро- и наноразмерных структур	Выполнение лабораторных работ. Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеет навыками разработки технологической документации для производства микро- и наноразмерных структур	Выполнение лабораторных работ. Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	Знает физические принципы и основные технологические процессы формирования структур в микро- и нанотехнологии	Ответы на вопросы в билете и экзаменатора	Даны исчерпывающие ответы на все вопросы	Даны исчерпывающие ответы на большинство вопросов	Даны правильные ответы только на часть вопросов	При ответах допущено множество ошибок
	Умеет проводить расчет режимов базовых технологических операций производства структур в микро- и нанотехнологии	Решение стандартной задачи	Задача решена в полном объеме и получены верные результаты	Продемонстрирован верный ход решения задачи, но не получен верный результат	Продемонстрирован верный ход решения задачи	Задача не решена
	Владеет методами ана-	Решение	Задача ре-	Продемонстри-	Продемон-	Задача

	лиза технологических процессов производства микро- и наноразмерных структур	стандартной задачи	шена в полном объеме и получены верные результаты	рован верный ход решения задачи, но не получен верный результат	стрирован верный ход решения задачи	не решена
ПК-3	Знает методы обработки результатов исследований	Ответы на вопросы в билете и экзаменатора	Даны исчерпывающие ответы на все вопросы	Даны исчерпывающие ответы на большинство вопросов	Даны правильные ответы только на часть вопросов	При ответах допущено множество ошибок
	Умеет представлять результаты исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	Решение стандартной задачи	Задача решена в полном объеме и получены верные результаты	Продemonстрирован верный ход решения задачи, но не получен верный результат	Продemonстрирован верный ход решения задачи	Задача не решена
	Владеет анализом и систематизацией результатов исследований	Решение стандартной задачи	Задача решена в полном объеме и получены верные результаты	Продemonстрирован верный ход решения задачи, но не получен верный результат	Продemonстрирован верный ход решения задачи	Задача не решена
ПКВ-2	Знает современные технологические процессы и технологическое оборудование производства микро- и наноразмерных структур	Ответы на вопросы в билете и экзаменатора	Даны исчерпывающие ответы на все вопросы	Даны исчерпывающие ответы на большинство вопросов	Даны правильные ответы только на часть вопросов	При ответах допущено множество ошибок
	Умеет выбирать оптимальные технологические процессы производства микро- и наноразмерных структур	Решение стандартной задачи	Задача решена в полном объеме и получены верные результаты	Продemonстрирован верный ход решения задачи, но не получен верный результат	Продemonстрирован верный ход решения задачи	Задача не решена
	Владеет навыками разработки технологической документации для производства микро- и наноразмерных структур	Решение стандартной задачи	Задача решена в полном объеме и получены верные результаты	Продemonстрирован верный ход решения задачи, но не получен верный результат	Продemonстрирован верный ход решения задачи	Задача не решена

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Что является основной характеристикой химического осаждения из газовой фазы?

- А) скорость осаждения;
- Б) длительность цикла осаждения;
- В) толщина пленки, получаемая на подложке за один цикл осаждения;
- Г) используемые газы.

2. Что является основной характеристикой атомно-слоевого осаждения?

- А) скорость осаждения;
- Б) длительность цикла осаждения;
- В) толщина пленки, получаемая на подложке за один цикл осаждения;
- Г) используемые газы.

3. В каких условиях проводится процесс молекулярно-лучевой эпитаксии?

- А) атмосферное давление;
- Б) пониженное давление;
- В) средний вакуум;
- Г) высокий вакуум.

4. При магнетронном распылении процесс выполняется бомбардирующими поверхность ...

- А) электронами;
- Б) ионами;
- В) атомами;
- Г) молекулами.

5. Воздействия плазмы низкого давления на процессы осаждения слоев из газовой фазы включает ...

- А) кинетический эффект;
- Б) термодинамический эффект;
- В) эффект воздействия плазмы на структуру материала;
- Г) все перечисленные эффекты.

6. При использовании ВЧ-плазмы при осаждении подложкодержатель находится под ...

- А) постоянным положительным потенциалом;
- Б) постоянном отрицательном потенциалом;
- В) нулевым потенциалом;
- Г) ВЧ-напряжением.

7. В низкотемпературной газоразрядной плазме концентрация ХАЧ (свободных атомов и радикалов) определяется ...

- А) термодинамическим равновесием;
- Б) стационарным состоянием, возникающим вследствие конкуренции различных процессов образования (генерации) и гибели (рекомбинации) ХАЧ;
- В) обоими условиями.

8. Каков типичный диапазон толщин оксидных слоев, формируемых

зондовыми методами?

- А) 0,1—1 нм;
- Б) 0,1—10 нм;
- В) 1—10 нм;
- Г) 10—100 нм.

9. Какому из начальных механизмов роста соответствует послойный двухмерный рост эпитаксиальной пленки:

- А) механизм Франка—Ван-дер-Мерве;
- Б) механизм Фольмера—Вебера;
- В) механизм Странского—Крастанова.

10. Улучшение разрешающей способности фотолитографии достигается

...

- А) уменьшением длины волны экспонирующего излучения и увеличением числовой апертуры проекционных линз;
- Б) внеосевым освещением и использованием фазосдвигающих фотошаблонов;
- В) коррекцией эффекта близости элементов топологического рисунка на фотошаблоне с помощью дополнительных служебных элементов;
- Г) использованием всех перечисленных факторов.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач (выполнения контрольной работы)

Дать письменные ответы на вопросы одного из следующих вариантов:

Вариант 1

1. Конструкция и принцип работы установки вакуум-термического напыления.
2. Что представляет собой процесс эпитаксиального осаждения кремния?
3. На чем основаны процессы очистки, используемые при получении высокочистых материалов?

Вариант 2

1. Способы нагрева испаряемого материала.
2. Что представляет собой процесс эпитаксиального осаждения кремния?
3. Что такое ректификация и чем ограничена чистота получаемых при этом веществ?

Вариант 3

1. Какие типы испарителей используют в установках напыления тонких пленок в вакууме?
2. В чем заключается сущность хлоридного и силанового способов осаждения слоев кремния?
3. От каких факторов зависит адгезия пленок?

Вариант 4

1. Режимы протекания процесса осаждения.
2. Поясните температурную зависимость скорости роста эпитаксиального слоя кремния из ПГФ.

3. За счет каких процессов происходит разделение компонентов в ректификационной колонне?

Вариант 5

1. Как влияет температура испарения на допустимое давление остаточных газов?

2. Каким способом осуществляется управление процессами осаждения слоев кремния?

3. Что такое равновесный коэффициент распределения?

Вариант 6

1. Какие существуют способы испарения многокомпонентных материалов? Дайте их характеристику.

2. Что представляют собой динамический, диффузионный и тепловой пограничные слои?

3. Что понимают под энергией Гиббса, энтальпией и энтропией системы?

Вариант 7

1. Как решается проблема обеспечения стехиометрии состава осаждаемых пленок многокомпонентных сплавов и соединений?

2. В каких случаях справедливо приближение динамического пограничного слоя? Диффузионного и теплового пограничных слоев?

3. За счет чего может быть обеспечена однородность толщины осаждаемой пленки?

Вариант 8

1. Как влияет способ нагрева испаряемого вещества на качество осаждаемой пленки?

2. Охарактеризуйте известные вам критерии подобия? Для чего они предназначены?

3. Порядок проведения процесса вакуум-термического напыления.

Вариант 9

1. Какие факторы влияют на чистоту осаждаемой пленки?

2. Что такое квазиравновесный, диффузионный и кинетический режимы процесса? Как их можно выявить?

3. Что представляет собой константа равновесия химической реакции?

Вариант 10

1. От каких факторов зависит однородность по толщине осаждаемых пленок по площади подложки?

2. Как измеряется толщина осаждаемой пленки?

3. Как влияет температура и скорость конденсации на структуру пленки?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает проведение практических занятий и экзамена.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. В чем заключается стратегия получения наноструктур «сверху-вниз»?

2. В чем заключается стратегия получения наноструктур «снизу-вверх»?

3. Что такое эпитаксия и какие условия необходимы для её выполнения?
4. Как реализуется процесс газофазной эпитаксии?
5. Как реализуется процесс молекулярно-лучевой эпитаксии?
6. Модель роста структур GaAs из молекулярных пучков Ga и As.
7. В чем сущность метода атомно-слоевого осаждения?
8. Охарактеризуйте возможности пучково-плазменных технологий.
9. В чем суть метода электрохимического осаждения материалов? Как формулируются законы Фарадея для электрохимического осаждения материалов?
10. В чем суть процессов анодного растворения в технологии микро- и наноструктур?
11. Каковы закономерности образования барьерных анодных оксидов на поверхности металлов и полупроводников?
12. Какие растворы называют коллоидными? Приведите примеры их использования для формирования наноструктур.
13. Расскажите о стадиях золь-гель технологии.
14. Технологические процессы получения квантовых точек?
15. На чем основаны процессы зондовой технологии?
16. Какие группы процессов используют для манипулирования атомами?
17. Как реализуется перенос атомов с использованием полевой диффузии, скольжения, контактного переноса, полевого испарения, электромиграции?
18. Как осуществляется процесс контактного формирования нанорельефа?
19. Расскажите о технологии межэлектродного переноса.
20. В чем суть технологии локального анодного окисления.
21. Каковы основные достоинства и недостатки электронно-лучевой литографии?
22. Какова технология нанопечатной литографии.
23. Как осуществляется перьевая нанолитография?
24. Что представляет собой СТМ-литография?
25. Какой разрешающей способностью характеризуются методы оптической литографии, электронно-лучевой литографии, зондовой нанолитографии, нанопечати, рентгеновской литографии, ионно-лучевой литографии?
26. Охарактеризуйте по производительности возможности методов оптической литографии, электронно-лучевой литографии, зондовой нанолитографии, нанопечати, рентгеновской литографии, ионно-лучевой литографии.
27. Приведите примеры процессов самоорганизации в природе.
28. В чем заключается принцип локального термодинамического равновесия?
29. Что является источником упорядоченности открытых систем?
30. Что понимают под процессом химической самосборки?

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает проведение экзамена.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Оценка	Критерии оценок
--------	-----------------

Отлично	Корректное использование широкого спектра научных понятий. Рассуждения логически непротиворечивы, последовательны, выявлены причинно-следственные связи, осуществлен последовательный анализ проблемы, все выводы обоснованы достоверной фактологической базой. Продemonстрировано умение целостно видеть проблему, выделять ее ключевое звено.
Хорошо	Достаточный уровень знаний. Может быть продемонстрировано знание основных принципов и концепций при наличии некоторых несущественных пробелов. Целостное видение рассматриваемой проблемы присутствует, но не до конца выражено в авторском анализе.
Удовлетворительно	Удовлетворительный уровень знаний. Налицо ряд пробелов в знании основных принципов и концепций. Анализ проблемы проведен фрагментарно. Выводы в основном верные, но в рассуждении допущены логические пробелы, мешающие целостному видению рассматриваемой проблемы.
Неудовлетворительно	Низкий уровень знаний. Допущены существенные ошибки. Отсутствие логических рассуждений, понимания проблемы, необоснованность выводов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Гетерогенные процессы формирования наноструктур	ОПК-1, ПК-3, ПКВ-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
2	Нанотехнологии	ОПК-1, ПК-3, ПКВ-2	Тест, контрольная работа
3	Методы зондовой нанотехнологии	ОПК-1, ПК-3, ПКВ-2	Тест, контрольная работа
4	Технологии самоорганизации структур	ОПК-1, ПК-3, ПКВ-2	Тест, контрольная работа

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Акуленок М.В. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий / М.В. Акуленок. — М.: Техносфера, 2011. — с.
2. Киреев В.Ю., Столяров А.А. Технологии микроэлектроники. Химическое осаждение из газовой фазы. — М.: Техносфера, 2006. — 192 с.

3. Крапухин В.В. Технология материалов электронной техники. Теория процессов полупроводниковой технологии / В.В. Крапухин, И.А. Соколов, Г.Д. Кузнецов. — М.: «МИСИС», 1995. — 493 с.

4. Липатов Г.И. Расчеты процессов очистки и получения пленок и слоев методами физического и химического осаждения [Электронный ресурс]. — Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2019. — 83 с.

5. Марголин В.И. Введение в нанотехнологию / В.И. Марголин, В.А. Жабреев В.А., Г.Н. Лукьянов Г.Н., В.А. Тупик. — СПб.: Лань, 2012. — 464 с.

6. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике. — М.: Техносфера, 2005. — 152 с.

7. Пул Ч.-мл. Нанотехнологии / Ч.-мл. Пул, Ф. Оуэнс. — М.: Техносфера, 2010. — 336 с.

8. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям (в 3-х томах) / Под ред Б. Бхушана. — М.: Техносфера, 2010. Т.1 — 864 с.; Т.2 — 1039 с.; Т.3 — 812 с.

9. Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздаев. — М.: КомКнига, 2006. — с.

10. Соколов И.А. Расчеты процессов полупроводниковой технологии / И.А. Соколов. — М.: Металлургия, 1994. — 176 с.

11. Технология СБИС. В 2-х кн. / Под ред. С. Зи. — М.: Мир, 1986. — Кн.1. 404 с.; кн.2. — 453 с.

12. Ченг Л. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры / Л. Ченг, К. Плога. — М.: Мир, 1989. — 378 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

<http://perst.issp.ras.ru> — информационный бюллетень «Перспективные технологии»

<http://www.nanonewsnet.ru> — сайт аналитического агентства Nanotechnology News Network

<http://www.nanodigest.ru> — интернет-журнал о нанотехнологиях

<http://www.nano-info.ru> — сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий

<http://www.nanometer.ru> — сайт нанотехнологического сообщества ученых

<http://www.nano-portal.ru> — портал, посвященный теме развития нанотехнологий и их внедрения в производство

<http://www.isuct.ru/tpimet.les/> — программы для расчета кинетики технологических процессов

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебный компьютерный класс, оснащенный компьютерными программами

для выполнения расчетов, и рабочими местами для самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в Интернет.

Технологическое и контрольно-измерительное оборудование.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Физико-химические основы нанотехнологии»

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой выполнения лабораторных работ и тестированием.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных занятий, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц—полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			