

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
“ЛЭТИ” им. В.И. Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Ректор СПбГЭТУ

_____ / Кутузов В. М. /

Программа

**краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников
высшей школы по направлению**

“ Нанотехнологии для систем безопасности ”

на базе учебного курса

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ В НАНОИНДУСТРИИ

(наименование учебного курса)

Цель: ознакомление с правовыми, физико-химическими и токсикологическими аспекты безопасности материалов и процессов нанотехнологии, а также техническое обеспечения безопасности при производстве нанопроductии.

Категория слушателей преподаватели и научные работники высшей школы

Примерный срок обучения 36 часов

Форма обучения с частичным отрывом от работы, дистанционно- очная

Режим занятий 8 часов в день

Задачей данного курса является изложение студентам основных причин возникновения угроз, связанных с развитием нанотехнологии, а также рисков человека, животных, растений и окружающей среды в связи с развитием процессов нанотехнологии и производством наноматериалов. Предметом рассмотрения являются механизмы воздействия процессов нанотехнологии на биологические объекты, основные направления нейтрализации угроз, связанных с использованием продуктов нанотехнологии и развитием технологии их создания, а также вопросы предварительной оценки рисков, связанных с использованием наноматериалов и процессов нанотехнологий. Важным элементом дисциплины являются формирование представлений о мерах по нейтрализации и уменьшению вероятности нанотехнологических угроз, а также выработке навыков проектирования элементов технологических циклов производств наноматериалов, нано- и микросистем с минимально допустимыми рисками для человека и окружающей среды.

Требования к уровню освоения учебного курса.

Преподаватели должны:

- Знать:
 - основные причины возникновения угроз, связанных с развитием nanoиндустрии;
 - риски человека, животных, растений и окружающей среды в связи с развитием nanoиндустрии, включая механизмы воздействия продуктов и процессов nanoиндустрии;
 - основные направления нейтрализации угроз, связанных с использованием продуктов nanoиндустрии и развитием технологии их создания;
 - основные направления эффективного использования продукции nanoиндустрии для создания систем обеспечения безопасности;
- Иметь навыки:
 - предварительной оценки рисков, связанных с использованием наноматериалов и процессов нанотехнологий, разрабатывать меры по нейтрализации и уменьшению вероятности nanoугроз;
- Иметь представление:
 - о методах проектирования элементов технологических циклов производств наноматериалов, nano- и микросистем с минимально допустимыми рисками для человека и окружающей среды

Научные работники должны:

- Знать:
 - основные причины возникновения угроз, связанных с развитием nanoиндустрии;
 - риски человека, животных, растений и окружающей среды в связи с развитием nanoиндустрии, включая механизмы воздействия продуктов и процессов nanoиндустрии;
 - основные направления нейтрализации угроз, связанных с использованием продуктов nanoиндустрии и развитием технологии их создания;
 - основные направления эффективного использования продукции nanoиндустрии для создания систем обеспечения безопасности;
- Иметь навыки:
 - предварительной оценки рисков, связанных с использованием наноматериалов и процессов нанотехнологий, разрабатывать меры по нейтрализации и уменьшению вероятности nanoугроз;
- Иметь представление:
 - о методах проектирования элементов технологических циклов производств наноматериалов, nano- и микросистем с минимально допустимыми рисками для человека и окружающей среды

Учебный курс «Проблемы безопасности в nanoиндустрии» состоит из дистанционной и очной частей.

Дистанционная часть учебного образовательного курса обеспечивает слушателя необходимым объёмом знаний по выбранной тематике, включая подготовку слушателя к проведению лабораторного практикума. Задача дистанционной составляющей учебного курса – подготовить слушателя к очному посещению лабораторий в Санкт-Петербургском электротехническом университете.

В дистанционной (теоретической) части учебного курса изложены основные причины возникновения угроз, связанных с развитием nanoиндустрии. Рассмотрены методы формирования наноструктур, а также рассмотрены основные подходы и особенности анализа наноматериалов. Методы контроля химического состава наноматериалов, определение формы и размера наночастиц, а также оценка

взаимодействия наночастиц с биологическими макромолекулами. Рассматриваются правовые, физико-химические и токсикологические аспекты безопасности материалов и процессов нанопроизводства, а также технические обеспечения безопасности при производстве нанопроизводства.

Теоретическая часть учебного курса состоит из шести лекций:

Лекция 1. Введение.

Основные причины возникновения угроз, связанных с развитием нанопроизводства. Нанопроизводство и окружающая среда. Классификация наночастиц. Риски человека, животных, растений и окружающей среды в связи с развитием нанопроизводства.

Лекция 2. Производство наноматериалов.

Специфика и требования при производстве наноматериалов. Классификация методов получения наноматериалов.

Методы механического диспергирования. Получение наноматериалов механическим измельчением. Получение наноматериалов механическим воздействием различных сред.

Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов распылением расплавов. Методы испарения-конденсации. Вакуум-сублимационная технология.

Методы химического диспергирования методом осаждения. Получение нанопорошков методом гетерофазного взаимодействия. Золь-гельный метод. Получение наноматериалов электрохимическими методами. Биологические подходы к получению наноразмерных материалов.

Лекция 3. Методы контроля структурных и химических характеристик наноматериалов.

Основные подходы и особенности анализа наноматериалов. Методы контроля химического состава наноматериалов. Атомно-эмиссионная и атомно-абсорбционная спектрофотометрия, инверсионная вольтамперометрия. Методы определения фазового состава наноматериалов. Масс-спектрометрия, рентгеноэмиссионная спектрометрия и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Мессбауэровская спектроскопия. Спектроскопии ядерного магнитного и электронного парамагнитного резонанса.

Определение формы и размера наночастиц. Методы лазерной корреляционной спектрометрии. Электронная микроскопия, сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия. Методы получения физико-химических характеристик поверхности наноматериалов. Метод ВЕТ (изотермы адсорбции инертных, газов) и гелиевая пикнометрия.

Оценка взаимодействия наночастиц с биологическими макромолекулами и возможности проникновения через биологические барьеры.

Лекция 4. Токсикологическое воздействие наноматериалов.

Факторы отличающие токсикологическую активность наночастиц и микрочастиц. Наноразмер. Большая удельная площадь поверхности. разнообразие форм наночастиц. Специфическая реакционная способность, возрастающая на наноразмере. Сильные межчастичные взаимодействия. Высокая способность к аккумуляции. Нерастворимость в водных средах.

Токсикологическое воздействие основных видов наноматериалов. Использование наноматериалов в качестве селективных переносчиков лекарств. Оценка поступления, распределения и выведения наноматериалов из организма. Влияние фуллеренов на организм человека. Токсикологическое воздействие однослойных и многослойных углеродных нанотрубок. Влияние химической модификации на цитотоксичность нанотрубок. Токсичность полупроводниковых квантовых точек. Токсикологическое воздействие оксидов титана, железа, цинка и алюминия. Влияние наночастиц меди и золота на организм человека.

Лекция 5. Оценка и предотвращение рисков связанных с наноиндустрией.

Риски связанных с производством наночастиц. Накопление наночастиц. Оценка зависимости "доза - ответ". Опрации по очистке, кондиционированию наноматериалов и утилизации отходов. Специфика работы с различными наноматериалами. Оценка воздействий на рабочее место и окружающую среду. Токсикологические воздействия. Схема оценки рисков. Управление рисками. Предупредительные меры на рабочем месте.

Количественная оценка рисков. Классификация наноматриалов по потенциальной опасности. Алгоритм оценки уровня потенциальной опасности.

Лекция 6. Технические средства для обеспечения безопасности при производстве нанопродукции

Модификация и изоляция процессов. Чистые помещения. Классификация чистых помещений. Технологию чистых помещений. Изолирующие чистых помещений. Вентиляция. Фильтрация воздуха. ULPA-фильтры и HEPA-фильтры. Механизмы фильтрации частиц. Персональные средства защиты.

В лабораторном практикуме предусматривается ознакомление с технологическим оборудованием для контроля содержания наноматериалов, определения их формы и размеров.

Основные задания на лабораторный практикум:

Лабораторная работа 1. Определение размера наночастиц методом динамического рассеяния света.

Целью работы является нахождение размеров частиц полистирольного коллоидного латекса по автокорреляционным функциям интенсивности рассеянного на частицах света.

Лабораторная работа 2. ПЦР-анализ нуклеиновых кислот

Целью работы является проведение амплификации ДНК с последующим электрофоретическим разделением фрагментов ДНК.

Методические рекомендации по реализации учебной программы

На дистанционную и очную части учебного курса отводится по 18 часов соответственно. Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса находится на сайте www.nanoobr.ru. Для контроля степени освоения теоретической части учебного курса (лекций) используются **тестовые вопросы** для самопроверки и **контрольные вопросы**.

Тестовые вопросы и задания к курсу «Проблемы безопасности в наноиндустрии»

Лекция 1. Введение.

1. Нанотехнология занимается объектами, размеры которых менее:

- A. 10^{-6} м
- B. 10^{-9} м
- C. 10^{-7} м
- D. 10^{-12} м

Ответ:

2. К наноматериалам относятся:

- A. фуллерены

- В. фуллериты
- С. нанотрубки
- Д. нанокольца
- Е. нанокристаллы
- Ф. наножидкости

Ответ:

3. Что такое нанотрубки?

- А. Протяженные структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах
- В. Семейство шарообразных полых молекул общей формулой C_n
- С. Протяженные структуры из углеродных переплетённых цепей
- Д. металлоорганические витые полимеры

Ответ:

Лекция 2. Производство наноматериалов.

4. Какая из наноструктур является термодинамически неустойчивой?

- А. Микроэмульсия
- В. Мицеллы
- С. Углеродные нанотрубки
- Д. Наноструктуры, формирующиеся интенсивной пластической деформацией

Ответ:

5. Какой метод не относится к основным методам получения углеродных нанотрубок и нановолокон?

- А. Дуговой
- В. Лазерно-термический
- С. Пиролитический
- Д. Биотехнологический

Ответ:

6. Что означает относящийся к созданию нанообъектов термин "Bottom up"?

- А. Создание наноструктурированного слоя на поверхности объекта
- В. Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул
- С. Диспергирование, уменьшение размера нанообъектов
- Д. Создание наноструктурированного слоя методом сублимации вещества

Ответ:

7. Что означает относящийся к созданию нанообъектов термин "Top down"?

- А. Диспергирование, уменьшение размера объекта
- В. Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул
- С. Создание наноструктурированного слоя на нижней поверхности объекта
- Д. Создание наноструктурированного слоя осадительными методами

Ответ:

Лекция 3. Методы контроля структурных и химических характеристик наноматериалов.

8. В каком микроскопе используется кантилевер?

- А. Сканирующий силовой микроскоп
- В. Сканирующий туннельный микроскоп
- С. Растровый микроскоп
- Д. Просвечивающий электронный микроскоп

Ответ:

9. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на:

- А. Дифракции рентгеновских лучей

- В. Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой
- С. Просвечивании образца рентгеновскими лучами
- Д. Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ

Ответ:

10. К методам определения удельной поверхности частиц относятся?

- А. Метод ВЕТ
- В. Гелиевая пикнометрия
- С. Атомно-силовая микроскопия
- Д. Инверсионная вольтамперометрия

Ответ:

11. Определение фазового состава частиц осуществляется методами

- А. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса
- В. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса
- С. Рентгеноэмиссионная спектрометрия
- Д. Сканирующая туннельная микроскопия
- Е. Метод ВЕТ

Ответ:

12. Определение размера и форма наночастиц осуществляется методами

- А. Сканирующая растровая электронная микроскопия
- В. Атомно-абсорбционная спектрофотометрия
- С. Сканирующая туннельная микроскопия
- Д. Атомно-силовая микроскопия
- Е. Инверсионная вольтамперометрия

Ответ:

Лекция 4. Токсикологическое воздействие наноматериалов.

13. Чем обуславливается токсичность квантовых точек?

- А. способностью генерировать активные формы кислорода
- В. токсичностью составляющих их элементов
- С. сферической формой наночастиц

Ответ:

14. Токсичность какого вида нанотрубок выше?

- А. Однослойные нанотрубки
- В. Многослойные нанотрубки
- С. Ответ:

15. Химическая модификация нанотрубок

- А. Снижает их токсичность
- В. Увеличивает их токсичность
- С. Не влияет на их токсичность

Д. Ответ:

16. Основным местом адсорбции наночастиц при поступлении в организм через ЖКТ является

- А. Толстый кишечник
- В. Тонкий кишечник
- С. Ротовая полость
- Д. Желудок

Е. Ответ:

Лекция 5. Оценка и предотвращение рисков связанных с наноиндустрией.

17. Основными определяющими свойствами наноматериалов являются

- A. величина площади поверхности
- B. число наночастиц
- C. массовая концентрация
- D. Ответ:

18. При оценке уровня потенциальной опасности наноматериалов средний уровень потенциальной опасности означает

- A. Материал оценивается по имеющимся показателям для составляющих его компонентов в традиционной форме
- B. Необходима общетоксикологическая оценка материала и, при необходимости, проведение некоторых видов специальных исследований
- C. Необходимо проводить полный комплекс исследований

Ответ:

19. Признаками того что наноматериал относят к группе объектов с низкой потенциальной опасностью являются

- A. Наноматериал растворяется в воде
- B. Производится в объёме большем, чем 1 т в год
- C. В процессе производства не образуются аэрозоли

Ответ:

20. Признаками того что наноматериал относят к группе объектов со средней потенциальной опасностью являются

- A. В процессе производства образуются аэрозоли
- B. Минимальная размерность (диаметр) частиц не превосходит 100 нм?
- C. Имеются ли данные о токсичности, биологических эффектах, способности вызывать окислительный стресс

Ответ:

21. Признаками того что наноматериал относят к группе объектов с высокой потенциальной опасностью являются

- A. Минимальная размерность (диаметр) частиц не превосходит 100 нм?
- B. Имеются данные о токсичности, биологических эффектах, способности вызывать окислительный стресс
- C. Имеются данные о возможности накопления наноматериала в среде обитания и организмах животных и растений

Ответ:

Лекция 6. Технические средства для обеспечения безопасности при производстве нанопродукции

22. При фильтрации ультрадисперсных частиц основным механизмом улавливания является

- A. Инерция
- B. Диффузия
- C. Зацепление

Ответ:

23. Чистое помещение находится в оснащённом состоянии означает, что

- A. помещение полностью укомплектовано технологическим оборудованием, работающим в соответствии с соглашением между заказчиком и исполнителем, но персонал отсутствует
- B. помещение со всей инфраструктурой полностью смонтировано, все инженерные системы подключены и функционируют, но отсутствует технологическое оборудование, материалы и персонал
- C. помещение функционирует установленным образом в присутствии штатного количества персонала, выполняющего свои предписанные рабочие функции

Ответ:

24. Чистые помещения служат для...

- A. для защиты производимой в них продукции от загрязнений
- B. для защиты оператора от воздействия агрессивных сред
- C. для обеих целей

Ответ:

Контрольные вопросы для проверки материала

1. Правовые документы регулирующие деятельность в области безопасности наноиндустрии.
2. Классификация нанообъектов.
3. Основные причины возникновения угроз, связанных с развитием наноиндустрии.
4. Стандарты в области безопасности наноиндустрии.
5. Специфика и требования при производстве наноматериалов. Классификация методов получения наноматериалов.
6. Методы механического диспергирования. Получение наноматериалов механическим измельчением. Получение наноматериалов механическим воздействием различных сред.
7. Методы физического диспергирования. Получение наноматериалов распылением расплавов. Методы испарения-конденсации. Вакуум-сублимационной технология.
8. Методы химического диспергирования метод осаждения. Получение нанопорошков методом гетерофазного взаимодействия. Золь-гельный метод
9. Получение наноматериалов электрохимическими методами Биологические подходы к получению наноразмерных материалов
10. Методы контроля химический состава наноматериалов Атомно-эмиссионная и атомно-абсорбционная спектрофотометрия, инверсионная вольтамперометрия.
11. Методы определения фазового состава наноматериалов. Масс-спектрометрия, рентгеноэмиссионная спектрометрия и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Мессбауэровская спектроскопия. Спектроскопии ядерного магнитного и электронного парамагнитного резонанса.
12. Определение формы и размера наночастиц. Метода лазерной корреляционной спектрометрии. Электронная микроскопия, сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия.
13. Методы получения физико-химических характеристик поверхности наноматериалов. Метод ВЕТ (изотермы адсорбции инертных, газов) и гелиевая пикнометрия.
14. Оценка взаимодействия наночастиц с биологическими макромолекулами и возможности проникновения через биологические барьеры.
15. Факторы отличающие токсикологическую активность наночастиц и микрочастиц.
16. Наноразмер и большая удельная площадь поверхности. разнообразие форм наночастиц.
17. Специфическая реакционная способность, возрастающая на наноуровне Сильные межчастичные взаимодействия.
18. Высокая способность к аккумуляции. Нерастворимость в водных средах
19. Токсикологическое воздействие основных видов наноматериалов. Использование наноматериалов в качестве селективных переносчиков лекарств.
20. Влияние фуллеренов на организм человека.
21. Токсикологическое воздействие однослойных и многослойных углеродных нанотрубок. Влияние химической модификации на цитотоксичность нанотрубок.

22. Токсичность полупроводниковых квантовых точек.
23. Токсикологическое воздействие оксидов титана, железа, цинка и алюминия.
24. Оценка зависимости "доза - ответ".
25. Причины не применимости традиционной методологии оценки рисков к наноматериалам.
26. Основные этапы оценки безопасности наноматериалов.
27. Классификация наноматериалов по потенциальной опасности.
28. Алгоритм оценки уровня потенциальной опасности.
29. Технические средства для обеспечения безопасности при производстве нанопродукции. Модификация и изоляция процессов.
30. Чистые помещения. Классификация чистых помещений. Технология чистых помещений.
31. Изолирующие чистые помещения.
32. Вентиляция. Фильтрация воздуха. ULPA-фильтры и HEPA-фильтры. Механизмы фильтрации частиц.
33. Персональные средства защиты.

В конце очной части учебного курса слушатели готовят отчеты по **темам контрольных рефератов**, которые используются для контроля степени усвоения всего учебного курса на базе экспериментальных результатов и их обработки с применением знаний из дистанционной части курса.

Темы контрольных рефератов по курсу «Проблемы безопасности в наноиндустрии»

1. Методы контроля химического состава наноматериалов
2. Методы определения фазового состава наноматериалов
3. Методы определения формы и размера наночастиц
4. Факторы определяющие токсикологическую активность наночастиц.
5. Технические средства для обеспечения безопасности при производстве нанопродукции
6. Технологии чистых помещений
7. Персональные средства защиты
8. Токсикологическое воздействие основных видов наноматериалов
9. Правовые документы регулирующие деятельность в области безопасности наноиндустрии в России и зарубежом.

Учебно-тематический план

№	Название учебного курса и лекций	Всего, час.	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции (самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем, вопросы-ответы через email, форум, чат и др.)	Самостоятельная работа. Подготовка ответов на контрольные вопросы	Очный практикум или другое практическое задание	
	«Проблемы безопасности в наноиндустрии»	36 ч.	15 ч.	3,0 ч.	18 ч.	1. Тесты для самотестирования

1.	Лекция 1. Введение		2,5 ч.	0,5 ч.		2. Контрольные вопросы (электронная зачётка)
2.	Лекция 2. Производство наноматериалов		2,5 ч.	0,5 ч.		
3.	Лекция 3. Методы контроля структурных и химических характеристик наноматериалов		2,5 ч.	0,5 ч.		
4	Лекция 4. Токсикологическое воздействие наноматериалов		2,5 ч.	0,5 ч.		
5	Лекция 5. Оценка и предотвращение рисков связанных с наноиндустрией		2,5 ч.	0,5 ч.		
6	Лекция 6. Технические средства для обеспечения безопасности при производстве нанопродукции		2,5 ч.	0,5 ч.		
Итоговый контроль			1.Тесты для самогестирования	2. Контрольные вопросы (электронная зачётка)	3.Реферат	Реферат

Список литературы (основной и дополнительной), а также других видов учебно-методологических материалов и пособий, необходимых для изучения (конспектов лекций, видеолекций, лазерных дисков и др.).

Основная литература:

1. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника-2008. М.: Техносфера, 2008. 488 с.
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии М.: Бинوم. Лаборатория знаний. 2008. 431 с.
3. Environmental Nanotechnology edited by Wiesner M., Bottero J.-Y. / McGraw-Hill: 2007, 540 p.
4. Nanotoxicology : characterization, dosing and health effects / edited by Monteiro-Riviere N. A., Lang Tran C./ Informa Healthcare USA, Inc. 2007, 540 p.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: М.: Физматлит, 2007. 416 с.
6. Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. Наноматериалы: учебное пособие – М., 2008. 365 с.
7. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. / Онищенко Г.Г, Новиков СМ., Рахманин Ю.А. и др. - М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. - 408 С.

8. Рахманин Ю.А., Новиков СМ., Шашина Т.А. и др. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.

Дополнительная литература:

1. Б.А. Курляндский. О нанотехнологии и связанных с нею токсикологических проблемах. Токсикологический вестник, 2007, №6
2. Глушкова А. В., Радилов А. С., Рембовский В. Р. «Нанотехнологии и нанотоксикология – взгляд на проблему», Токсикологический вестник, 2007, №6
3. Чечеткин В.Р., Прокопенко Д.В., Макаров А.А., Заседателев А.С. Биочипы для медицинской диагностики// Российские нанотехнологий.-2006.-Т. 1,№1 .-С. 13-27
4. «О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы». Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 54 от 23.07.2007 г.
5. «О надзоре за производством и оборотом продукции, содержащей наноматериалы». Информационное письмо Роспотребнадзора № 0100/4502-07-02 от 02.05.2007 г.
6. Уайт В. Технология чистых помещений. Основы проектирования, испытаний и эксплуатации. М: «Клинтрум», 2002. 304 с.