

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  
ВВЕДЕНИЕ В ХИМИЮ НАНОМАТЕРИАЛОВ  
(наименование учебного курса)**

Цель: ознакомление с химическими свойствами, методами получения, принципами функционирования и применения наноматериалов.

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 слушателям основных объектов и проблем химии наноматериалов. Рассматриваются методы получения, химические свойства мицелл, микроэмульсий, ленгмюровских молекулярных пленок, а также полимерных наноструктурированных материалов. Изложены основные проблемы и направления супрамолекулярной химии. Рассматриваются возможности применения

наноматериалов и супермолекул в реакционных системах в качестве нанокатализаторов и нанореакторов.

### **Требования к уровню освоения учебного курса.**

Преподаватели должны:

1. Знать:
  - основные виды нанообъектов и наноматериалов,
  - физическую химию поверхности твердого тела, методы молекулярной динамики, термодинамику и кинетику межфазных границ;
  - механизмы проявления химической активности наночастиц;
2. Иметь навыки:
  - применять современные методы химии наносистем для анализа и прогнозирования структуры, состава физических и химических свойств наноструктурированных материалов
  - навыками проектирования элементов технологических циклов производств наноматериалов, нано- и микросистем с минимально допустимыми рисками для человека и окружающей среды;
3. Иметь представление:
  - о применении наноструктурированных материалов
  - об основных проблемах и направлениях супрамолекулярной химии

Научные работники должны:

1. Знать:
  - основные виды нанообъектов и наноматериалов,
  - физическую химию поверхности твердого тела, методы молекулярной динамики, термодинамику и кинетику межфазных границ;
  - механизмы проявления химической активности наночастиц;
2. Иметь навыки:

- применять современные методы химии наносистем для анализа и прогнозирования структуры, состава физических и химических свойств наноструктурированных материалов
- навыками проектирования элементов технологических циклов производств наноматериалов, нано- и микросистем с минимально допустимыми рисками для человека и окружающей среды;

3. Иметь представление:

- о применении наноструктурированных материалов
- об основных проблемах и направлениях супрамолекулярной химии

Учебный курс «Введение в химию наноматериалов» 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 объекты и проблемы химии наноматериалов. Рассматриваются методы получения, химические свойства мицелл, микроэмульсий, ленгмюровских молекулярных пленок, а также полимерных наноструктурированных материалов. Изложены основные проблемы и направления супрамолекулярной химии. Рассматриваются возможности применения наноматериалов и супермолекул в реакционных системах в качестве нанокатализаторов и нанореакторов.

Теоретическая часть учебного курса состоит из шести лекций:

### **Лекция 1. Введение**

Определение понятий: нанонаука, нанотехнология, наночастица, наноструктура, нанохимия. Наноматериалы. Критерии определения

наноматериалов: критический размер и функциональные свойства. Различные подходы к классификации нанообъектов. Размерные эффекты в нанохимии. Кинетика реакций в маломасштабных системах. Нанохимические компоненты (сорбенты, катализаторы, насосы, реакторы) для высокоэффективной очистки, избирательного синтеза и атомно-молекулярной инженерии

### **Лекция 2. Мицеллы и микроэмульсии**

Мицеллообразование в растворах ПАВ. Термодинамика мицеллообразования. Концентрированные дисперсии мицеллообразующих ПАВ. Мицеллообразование в неводных средах. Образование микроэмульсий. Солюбилизация в растворах мицеллообразующих ПАВ. Критические эмульсии. Лиофильные коллоидные системы в дисперсиях высокомолекулярных соединений. Образование твёрдых частиц в микроэмульсиях.

### **Лекция 3. Ленгмюровские молекулярные пленки**

Монослои ПАВ. Перенос монослоев на твердые тела. Нарастивание мультислоев Вещества, используемые для нанесения мультислоев. Некоторые свойства ленгмюровских пленок. Получение упорядоченных структур наночастиц. Самособранные монослои и мультислои. Упорядоченные решетки наночастиц в коллоидных суспензиях. Самоорганизованные коллоидные структуры.

### **Лекция 4. Полимерные наноструктурированные материалы**

Особенности термодинамики блок-сополимеров. Синтез полимеров контролируемой структуры. Микрофазное расслоение блок-сополимеров. Мицеллообразование в блок-сополимерах. Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Нанопористые полимерные материалы. Сополимеры с жесткими фрагментами. Структура сополимеров стержень—клубок. Полимерно-неорганические нанокомпозиты.

### **Лекция 5. Супермолекулы и супрамолекулярные ансамбли**

От молекулярной к супрамолекулярной химии. Направления супрамолекулярной химии. Самосборка: понятия и определения. Типы межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные рецепторы: самосборка как функция. Рецепторы катионов. Краун-эфиры, криптанды, сферанды, кавитанды. Комплексы типа “гость–хозяин”. Анионная координационная химия. Множественное распознавание. Политопные рецепторы.

### **Лекция 6. Катализ на наночастицах**

Наночастицы металлов в качестве катализаторов. Катализаторы на основе платины, палладия, золота, железа, молибдена, никеля. Высокая активность наночастиц, состоящих из металлического ядра и внешней оболочки. Биметаллические катализаторы. Наночастицы оксидов, как гетерогенные катализаторы. Частицы металла, нанесенные на тонкие пленки оксидов, как катализаторы. Влияние размера и природы металла на каталитическую активность. Супермолекулы в реакционных системах. Нанореакторы. Катализ рецепторами катионов. Распознавание и катализ с участием гидрофобных взаимодействий. Супрамолекулярные металлокатализаторы.

Очная (экспериментальная) часть учебного курса предусматривает ознакомление с технологическим оборудованием для контроля содержания наноматериалов, определения их формы и размеров:

Лабораторная работа 1. Электрохимическое получение нанопористых материалов.

Лабораторная работа 2. Получение мультислойных органических структур методом Ленгмюра-Блоджетт

### **Методические рекомендации по реализации учебной программы**

На дистанционную и очную части учебного курса отводится 23 и 13 часов соответственно. Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса находится на сайте [www.nanoobr.ru](http://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 «Введение в химию наноматериалов»

Лекция 1. Введение.

1. Наночастицами называют объектами, размеры которых менее:

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

2. Согласно какому закону геометрия частиц (мерность пространства) существенно влияет на характер зависимостей, связывающих физические параметры:

- A. принципу Эренфеста
- B. закону Жюрена
- C. принципу неопределенности

3. Какая из наноструктур является термодинамически неустойчивой?

- A. Микроэмульсия
- B. Мицеллы
- C. Углеродные нанотрубки
- D. Наноструктуры, формирующиеся интенсивной пластической деформацией

Лекция 2. Мицеллы и микроэмульсии.

4. Обратные мицеллы ПАВ образуются в

- A. воде

- B. гексане
- C. четыреххлористом углероде
- D. этиловом спирте

**5. Мицеллы в водных растворах образуют**

- A. уксусная кислота
- B. олеат натрия
- C. бутанол – 1
- D. додецилсульфат натрия

**6. На величину ККМ не влияет**

- A. температура
- B. давление
- C. длина углеводородного радикала
- D. тип полярной группы
- E. концентрация электролита в растворе

**7. Значение ККМ в неполярных растворителях повышается при**

- A. увеличении длины радикала
- B. уменьшении длины радикала
- C. увеличении давления
- D. уменьшении давления

**8. При увеличении длины углеводородного радикала молекулы**

**ПАВ значение ККМ в водной среде**

- A. возрастает
- B. снижается
- C. не меняется

**9. При увеличении концентрации электролита значение ККМ ионных ПАВ в водных растворах**

- A. возрастает
- B. снижается
- C. не меняется

**Лекция 3. Ленгмюровские молекулярные пленки.**

**10. К какому типу относят Пленки Ленгмюра-Блоджетт с симметричными неполярными слоями?**

- A. X-тип
- B. Y-тип
- C. Z-тип

**11. В каком случае возможно нанесение монослоя на подложку при ее извлечении из жидкости?**

- A. Набегающий и отступающий контактные углы тупые
- B. Набегающий и отступающий контактные углы острые
- C. Набегающий контактный угол острый, а отступающий - тупой
- D. Набегающий контактный угол тупой, а отступающий - острый

**12. Пленки Ленгмюра-Блоджетт какого типа получаются в случае, если набегающий контактный угол тупой, а отступающий — острый?**

- A. X-тип
- B. Y-тип
- C. Z-тип

**Лекция 4. Полимерные наноструктурированные материалы.**



**13. Если включение звеньев в состав сополимера происходит в ходе неконтролируемого роста полимерных молекул в смеси сомономеров, такой полимер называется:**

- A. Гомополимер
- B. Статистический сополимер
- C. Блок-сополимер
- D. Градиентный сополимер

**14. Как называется процесс полимеризации инициаторами, которой служат электрофильные агенты?**

- A. Анионная полимеризация
- B. Катионная полимеризация
- C. Свободно-радикальная полимеризация

**15. Какое фазовое состояние нехарактерно для полимеров?**

- A. Высокоэластическое
- B. Стеклообразное
- C. Кристаллическое
- D. Газообразное
- E. Жидкое

**Лекция 5. Супермолекулы и супрамолекулярные ансамбли.**

**16. Эффективное (кажущееся) притяжение между неполярными молекулами, проявляющееся при их попадании в полярный растворитель называется:**

- A. Ван-дер-ваальсовы взаимодействия
- B. Донорно-акцепторное взаимодействие
- C. Гидрофобный эффект
- D. Водородная связь

**17. Какой макроцикл образует наиболее прочный комплекс с ионами  $K^+$  :**

- A. 12-краун-4
- B. 15-краун-5
- C. 18-краун-6
- D. 21-краун-7

**18. Макроциклы какого класса не являются рецепторами катионов?**

- A. Циклодекстрины
- B. Краун-эфиры
- C. Криптанды

### Лекция 6. Катализ на наночастицах

**19. Какое из следующих утверждений не верно?**

- A. Катализаторы сами не вызывают химическую реакцию, а только ускоряют реакцию, которая протекает и без них.
- B. Катализаторы не влияют на энергетический итог реакции.
- C. В обратимых реакциях катализаторы ускоряют только прямую реакцию, но не обратную.
- D. Катализаторы не влияют на положение равновесия обратимой реакции, а только ускоряют его достижение.

**20. Катализаторами реакции окисления оксида углерода кислородом могут выступать:**

- A. Наночастицы золота
- B. Краун-эфиры
- C. Наночастицы платины

D. Нанопористый кремний

**21. Макроциклы какого класса имеют гидрофобную полость?**

A. Циклодекстрины

B. Краун-эфиры

C. Криптанды

## **Контрольные вопросы для проверки материала**

### **Лекция 1. Введение.**

1. Различные подходы к классификации нанобъектов. Размерные эффекты в нанохимии. Кинетика реакций в маломасштабных системах.

2. Нанохимические компоненты (сорбенты, катализаторы, насосы, реакторы) для высокоэффективной очистки, избирательного синтеза и атомно-молекулярной инженерии

### **Лекция 2. Мицеллы и микроэмульсии.**

3. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Термодинамика мицеллообразования.

4. Концентрированные дисперсии мицеллообразующих ПАВ. Мицеллообразование в неводных средах.

5. Образование микроэмульсий. Солюбилизация в растворах мицеллообразующих ПАВ.

6. Критические эмульсии. Лиофильные коллоидные системы в дисперсиях высокомолекулярных соединений.

7. Образование твёрдых частиц в микроэмульсиях.

### **Лекция 3. Ленгмюровские молекулярные пленки.**

8. Монослои ПАВ. Перенос монослоев на твердые тела. Нарращивание мультислоев Вещества, используемые для нанесения мультислоев.

9. Ленгмюровские молекулярные пленки. Свойства ленгмюровских пленок.

10. Получение упорядоченных структур наночастиц. Самособранные монослои и мультислои.

11. Упорядоченные решетки наночастиц в коллоидных суспензиях. Самоорганизованные коллоидные структуры.

#### **Лекция 4. Полимерные наноструктурированные материалы.**

12. Полимерные наноструктурированные материалы

13. Блок-сополимеры. Особенности термодинамики блок-сополимеров. Синтез полимеров контролируемой структуры.

14. Микрофазное расслоение блок-сополимеров. Мицеллообразование в блок-сополимерах. Агрегатные и фазовые состояния полимеров.

15. Нанопористые полимерные материалы.

16. Сополимеры с жесткими фрагментами. Структура сополимеров стержень—клубок.

17. Полимерно-неорганические нанокомпозиты.

#### **Лекция 5. Супермолекулы и супрамолекулярные ансамбли.**

18. От молекулярной к супрамолекулярной химии. Направления супрамолекулярной химии.

19. Самосборка: понятия и определения. Типы межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные рецепторы: самосборка как функция.

20. Рецепторы катионов. Краун-эфиры, криптанды, сферанды, кавитанды. Комплексы типа “гость–хозяин”.

21. Анионная координационная химия.
22. Множественное распознавание. Политопные рецепторы.

### **Лекция 6. Катализ на наночастицах**

23. Наночастицы металлов в качестве катализаторов. Катализаторы на основе платины, палладия, золота, железа, молибдена, никеля.
24. Биметаллические катализаторы.
25. Наночастицы оксидов, как гетерогенные катализаторы. Частицы металла, нанесенные на тонкие пленки оксидов, как катализаторы.
26. Влияние размера и природы металла на каталитическую активность.
27. Супермолекулы в реакционных системах. Нанореакторы.
28. Катализ рецепторами катионов.
29. Распознавание и катализ с участием гидрофобных взаимодействий.
30. Супрамолекулярные металлокатализаторы.

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. Мицеллообразование в водных и неводных растворах ПАВ.
2. Получение, физико-химические свойства и применение микроэмульсий.

3. Получение органических наноконпозиций на методом Ленгмюра-Блоджетт, особенности их структуры и применения.
4. Методы получения, свойства, методы исследования и применение блок-сополимеров.
5. Методы получения, свойства, методы исследования и применение нанопористых полимерных материалов
6. Полимерно-неорганические наноконпозиты.
7. Молекулярное распознавание в супрамолекулярной химии.
8. Катализаторы на основе наночастиц металлов и их оксидов.
9. Супрамолекулярные катализаторы.

### Учебно-тематический план

№	Название учебного курса и лекций	Всего, час.	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции (самостоятельное изучение, дистанционное общение преподавателем, вопросы-ответы через email, форум, чат и др.)	Самостоятельная работа. Подготовка ответов на контрольные вопросы	Очный практикум или другое практическое задание	
	«Введение в химию наноматериалов»	36 ч.	15 ч.	6,0 ч.	15 ч.	Контрольные вопросы
1.	Лекция 1. Введение		2,5 ч.	1 ч.		(электронная зачётка)
2.	Лекция 2. Мицеллы и микроэмульсии		2,5 ч.	1 ч.		
3.	Лекция 3. Ленгмюровские		2,5 ч.	1 ч.		Реферат

	молекулярные пленки				
4	Лекция 4. Полимерные наноструктурированные материалы		2,5 ч.	1 ч	
5	Лекция 5. Супермолекулы и супрамолекулярные ансамбли		2,5 ч.	1 ч	
6	Лекция 6. Катализ на наночастицах		2,5 ч.	1 ч	
Итоговый контроль				Контрольные вопросы (электронная зачётка)	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. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: Изд-во МГУ. 2003. 288 с.
2. Гусев А.И. Нанометриалы, наноструктуры, нанотехнологии. М: ФИЗМТЛИТ. 2005. 416 с.
3. Рамбиди Н.Г.Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. М: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 456 с.
4. Суздаев И.П. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КомКнига. 2006. 592 с.
5. Попов В.В., Саркисов П.Д., Шабанова Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов. М: Академкнига. 2007. 309 с.
6. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008. 431 с.

7. Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л. Наноматериалы: учебное пособие – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 365 с.

8. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. — Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. — 333 с.

б) дополнительная литература:

1. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника-2008. М.: Техносфера, 2008. 488 с.

2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: М.: Физматлит, 2007. 416 с.

3. Сумм Б.Д., Иванова Н.И. Коллоидно-химические аспекты нанохимии – от Фарадея до Пригожина. // Вестн. моск. ун-та. Сер.2. Химия. 2001. Т.42. №5. с.300-305.

4. Nanomaterials and Nanochemistry edited by C. Bréchnignac, P. Houdy, M. Lahmani / Springer, 2008. 747 p.

5. The Chemistry of Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications, 2 Volumes edited by C. N. R. Rao, A. Müller, A. K. Cheetham / WILEY-VCH: 2004. 761 p.

6. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. – М.: Издательский центр «Академеия», 2005. – 192 с.

7. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. — Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. — 333 с.

8. Стив Дж. В., Этвуд Дж. Л. Супрамолекулярная. М.: Академкнига, 2007. 896 с.