

*Приложение к приказу первого проректора  
по учебной и научной работе*

от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

**Правительство Российской Федерации  
Санкт-Петербургский государственный университет**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Наносистемы и физические основы нанотехнологии*

*Nanosystems and physical principles of nanotechnology*

**Язык(и) обучения**

Русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: \_\_\_\_\_

Санкт-Петербург

2016

## Раздел 1. Характеристики учебных занятий

### 1.1. Цели и задачи учебных занятий

В настоящем курсе рассматриваются важнейшие особенности функциональных наноматериалов, включая их структуру, физические свойства, методы синтеза и исследования, а также примеры использования для создания наноэлектромеханических систем, разнообразных устройств нано-и молекулярной электроники, а также магнитных носителей информации.

### 1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Для успешного освоения программы дисциплины «Наносистемы и физические основы нанотехнологии» обучающиеся должны знать базовый курс «Общей физики», основные положения квантовой механики, основы физики конденсированного состояния вещества.

### 1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- знать основные методы получения нанокластеров и наноструктур;
- знать свойства вещества в нанокристаллическом состоянии;
- уметь разрабатывать идеологию эксперимента с использованием комплементарных физических и химических методик;
- уметь определять области применения функциональных наноматериалов, основываясь на их физических свойствах.

### 1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя) (10 часов).
- Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов) (35 часов)..
- Самостоятельная работа в присутствии преподавателя (15 часов)

Практическое занятие в форме расчетов и построения моделей с использованием специализированных программных сред (8 часов).

## Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

### 2.1. Организация учебных занятий

#### 2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся				
Период обучения (модуль)	Контактная работа обучающихся с преподавателем	Самостоятельная работа	Всего учебных занятий	Грудной объём

	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам.раб. с использованием методических материалов	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)	итоговая аттестация (сам.раб.)		
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>																		
<b>очная форма обучения</b>																		
Семестр 1 (____ часы кол. студ.)	45		2						2			15	10		34			
	2-10		2-10						2-10			2-10	1		1		64	3
<b>ИТОГО</b>	<b>45</b>		<b>2</b>						<b>2</b>			<b>15</b>	<b>10</b>		<b>34</b>		<b>64</b>	<b>2</b>

Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации			
Период обучения (модуль)	Формы текущего контроля успеваемости	Виды промежуточной аттестации	Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>			
<b>очная форма обучения</b>			
Семестр 1		экзамен	

## 2.2. Структура и содержание учебных занятий

**Основной курс      Основная траектория      Очная форма обучения**

Период обучения (модуль): **Семестр 4**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	1.1. Введение 1.2. Нанокластеры. Классическая теория зародышеобразования. Методы синтеза кластеров. Физико-химические свойства кластеров. Магические числа. Теоретическая модель кластера.	лекции	7
2	Наноструктуры. 2.1. Нульмерные наноструктуры. 2.2. Одномерные наноструктуры.	лекции	10

	<p>2.3. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Структура углеродных нанотрубок, дефектность. Многослойные нанотрубки. Механизмы роста нанотрубок. Методы синтеза углеродных нанотрубок. Неорганические тубулярные структуры.</p> <p>2.4. Двумерные наноструктуры. Осаждение пленок из газовой фазы. Физические методы осаждения пленок. Методы химического осаждения пленок.</p> <p>2.5. Трехмерные наноструктуры.</p>		
3	<p>Свойства веществ в нанокристаллическом состоянии.</p> <p>3.1. Оптические и электронные свойства наносистем. Оптические свойства наночастиц металлов. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц. Зонная структура. Зависимость зонной структуры от размера наночастиц. Дефекты на поверхности нанокристаллов.</p> <p>3.2. Фотонные кристаллы. Фотонные запрещенные зоны. Методы формирования фотонных кристаллов. Опалы как шаблон для создания трехмерных фотонных кристаллов. Материалы на основе фотонных кристаллов. Области применения.</p> <p>3.3. Магнитные свойства наносистем. Доменная структура. Суперпарамагнетизм. Энергия магнитной анизотропии. Анизотропия формы. Анизотропия механического напряжения. Обменная анизотропия. Процессы перемагничивания, вихривые поля. Магнитостатическое взаимодействие нанонитей.</p> <p>3.4. Механические свойства наносистем. Закон Холла-Петча. Структура межфазных границ. Дефекты. Влияние границ раздела. Упругие свойства. Наноккомпозиты.</p>	лекции	10
4	<p>Методы получения наноматериалов. Физические методы синтеза.</p> <p>4.1. Химические методы синтеза.</p> <p>4.2. Методы разделения наночастиц по размеру.</p> <p>4.3. Процессы самосборки в наносистемах.</p> <p>4.4. Синтез наночастиц в аморфных матрицах.</p> <p>4.5. Синтез наночастиц в упорядоченных матрицах.</p> <p>4.6. Наночастицы в двумерных нанореакторах.</p> <p>4.7. Нанолитография.</p> <p>4.7.1. Оптическая литография.</p> <p>4.7.2. Внеосевая литография.</p>	лекции	10

	<p>4.7.3. Электронно-лучевая литография (ЭЛЛ).</p> <p>4.7.4. Ионно-лучевая литография (ИЛЛ).</p> <p>4.7.5. Безмасочная литография (direct writing).</p> <p>4.7.6. Технологии нанопечати.</p>		
5	<p>Методы исследования веществ в нанокристаллическом состоянии</p> <p>5.1. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ)</p> <p>5.2. Автоионная микроскопия (АИМ)</p> <p>5.3. Методы электронной микроскопии</p> <p>5.4. Спектроскопические методы</p> <p>5.4.1. Радиоспектроскопия. Микроволновая микроскопия. Ядерный магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс.</p> <p>5.4.2. ИК- и КР- спектроскопия</p> <p>5.4.3. Рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопия.</p> <p>5.4.4. Мессбауэровская спектроскопия</p> <p>5.5. Дифракционные методы исследования</p>	лекции	8
6	<p>Применение функциональных наноматериалов.</p> <p>6.1. Наномеханизмы и наноустройства. Микро- и наноэлектромеханические системы. Микро и нанотрибология. Наномеханика. Актюаторы. Сенсоры. Молекулярные актюаторы.</p> <p>6.2. Нанoeлектроника</p> <p>6.2.1. Современные транзисторы. Проявление квантовых эффектов. Транзисторы на основе углеродных нанотрубок.</p> <p>6.2.2. Квантовые компьютеры. Материалы для квантового компьютера.</p> <p>6.3. Молекулярная электроника. Определенные напряжения пробоя самособирающихся нанослоев из ароматических и алифатических сульфонов. Использование слабой связи для измерения электрических свойств молекул.</p> <p>6.4. Магнитные носители информации.</p> <p>6.5. Материалы для бионанотехнологии. Конструкционные наноматериалы для медицины. Нанофармакология и нанолечения. Магнитные наноматериалы в медицине. Магнито-жидкостная гипертермия. Наносистемы для диагностики заболеваний. Наноинструменты для микробиологии и медицины.</p>	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	15

### Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

#### 3.1. Методическое обеспечение

##### 3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины студенту предоставляется адаптированная программа курса, содержащая разделы 2, 3.1 и 3.4 данной Рабочей программы, а также электронная презентация всех лекций в формате PPT или PDF.

##### 3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Для самостоятельной работы студенты должны обеспечиваться:

- перечнем заданий для самостоятельной работы;

##### 3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Проведение промежуточной аттестации будет осуществляться в виде устного экзамена и оцениваться на основании Балльно-рейтинговой системы. Целями введения балльно-рейтинговой системы являются стимулирование систематической учебной работы студентов в течение всего периода обучения, повышение объективности оценки знаний студентов и мотивация их к систематической самостоятельной работе по изучению дисциплины в течение семестра.

Общее максимальное количество баллов – 100, из них за посещение и работу на лекциях – 10 баллов, за работу, выполняемую в присутствии преподавателя – 20 баллов, за ответ на вопросы во время промежуточной аттестации – 70 баллов.

Экзаменационный билет содержит два вопроса, на каждый из которых студент должен привести развернутый конспект с планом ответа, необходимыми определениями, иллюстрациями, формулами и зависимостями. Для подготовки к ответу по билету дается не более 1 часа. Затем, в устной форме студент, пользуясь конспектом, должен связно и исчерпывающе изложить содержание ответа.

В ходе ответа преподавателем могут быть заданы студенту уточняющие вопросы по билету. На обдумывание ответа на дополнительные вопросы студенту дается не более 10 минут на каждый ответ. В общей сложности ответ студента не должен превышать 40 минут без учета времени на обдумывание дополнительных вопросов.

Методика оценки и система соответствия баллов:

	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	Превосходно
Балльная система (100 баллов максимум)	< 30    31-49	50-59    60-70	71-80	81-90	91-100
Балльная система (5 баллов максимум)	2	3	4	5	5 с отличием

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

**Перечень билетов для проведения промежуточной аттестации студентов.**

Билет 1.

1. Нанокластеры. Классическая теория зародышеобразования. Методы синтеза кластеров.
2. Оптические и электронные свойства наносистем. Оптические свойства наночастиц металлов.

Билет 2.

3. Физико-химические свойства кластеров. Магические числа. Теоретическая модель кластера.
4. Фотонные кристаллы. Фотонные запрещенные зоны. Методы формирования фотонных кристаллов. Опалы как шаблон для создания трехмерных фотонных кристаллов. Материалы на основе фотонных кристаллов. Области применения.

Билет 3.

5. Наноструктуры. Нульмерные наноструктуры. Одномерные наноструктуры. Двумерные наноструктуры. Осаждение пленок из газовой фазы.
6. Магнитные свойства наносистем. Доменная структура. Суперпарамагнетизм.

Билет 4.

7. Физические методы осаждения пленок. Методы химического осаждения пленок.
8. Энергия магнитной анизотропии. Анизотропия формы. Анизотропия механического напряжения. Обменная анизотропия.

Билет 5.

9. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Структура углеродных нанотрубок, дефектность. Многослойные нанотрубки. Механизмы роста нанотрубок. Методы синтеза углеродных нанотрубок.
10. Процессы перемагничивания, вихревые поля. Магнитостатическое взаимодействие нанонитей.

Билет 6.

11. Трехмерные наноструктуры.
12. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц. Зонная структура. Зависимость зонной структуры от размера наночастиц.

Билет 7.

13. Механические свойства наносистем. Закон Холла-Петча. Структура межфазных границ. Дефекты. Влияние границ раздела. Упругие свойства.
14. Методы получения наноматериалов. Физические методы синтеза. Химические методы синтеза. Методы разделения наночастиц по размеру.

Билет 8.

15. Процессы самосборки в наносистемах. Синтез наночастиц в аморфных матрицах. Синтез наночастиц в упорядоченных матрицах. Наночастицы в двумерных нанореакторах.
16. Наномеханизмы и наноустройства. Микро- и наноэлектромеханические системы. Микро и нанотрибология.

Билет 9.

17. Нанолитография. Оптическая литография. Внеосевая литография. Электронно-лучевая литография (ЭЛЛ). Ионно-лучевая литография (ИЛЛ). Безмасочная литография (direct writing). Технологии нанопечати.

18. Наномеханика. Актюаторы. Сенсоры. Молекулярные актюаторы.

Билет 10.

19. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ). Автоионная микроскопия (АИМ). Методы электронной микроскопии

20. Современные транзисторы. Проявление квантовых эффектов. Транзисторы на основе углеродных нанотрубок.

Билет 11.

21. Радиоспектроскопия. Микроволновая микроскопия. Ядерный магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс.

22. Квантовые компьютеры. Материалы для квантового компьютера.

Билет 12.

23. ИК- и КР- спектроскопия. Рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопия. Мессбауэровская спектроскопия.

24. Молекулярная электроника. Определенные напряжения пробоя самособирающихся нанослоев из ароматических и алифатических сульфонов. Использование слабой связи для измерения электрических свойств молекул.

Билет 13.

25. Дифракционные методы исследования

26. Материалы для бионанотехнологии. Конструкционные наноматериалы для медицины. Нанофармакология и нанолекарства. Магнитные наноматериалы в медицине. Магнито-жидкостная гипертермия. Наносистемы для диагностики заболеваний. Наноинструменты для микробиологии и медицины.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

**Анкета-отзыв** на дисциплину «Метаматериалы и методики малоугловой дифракции в исследовании их функциональных свойств»

Просим Вас заполнить анкету-отзыв по прочитанной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (**обведите** выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий \_\_\_\_\_

2. Насколько Вы удовлетворены общим стилем преподавания?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий \_\_\_\_\_

3. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных методических материалов?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



Комментарий \_\_\_\_\_

4. Какой из модулей (разделов) дисциплины Вы считаете наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?

Комментарий \_\_\_\_\_

5. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

Комментарий \_\_\_\_\_

СПАСИБО!

### **3.2. Кадровое обеспечение**

3.2.1 Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень и/или ученое звание, имеющие опыт планирования и организации учебного процесса, а также главные и ведущие специалисты в этой области.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Требования не предъявляются

### **3.3. Материально-техническое обеспечение**

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, интерактивная доска др. оборудование или компьютерный класс.

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Для проведения занятия необходимы: видеопроектор, ноутбук, переносной экран. В компьютерном классе должны быть установлены средства MS Office 2007: Word, Excel, PowerPoint и др. (допустима версия MS Office 2003).

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Рабочие места преподавателя и студентов должны быть оснащены оборудованием не ниже: Pentium III-800/O3Y-256 Мб / Video-32 Мб / Sound card – 16bit /Headphones / HDD 80 Гб / CD-ROM – 48x / Network adapter – 10/100/ Мбс / SVGA – 19”

3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

Каждый обучающийся во время занятий и самостоятельной подготовки должен быть обеспечен рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет и корпоративную сеть факультета. Компьютерный класс должны быть обеспечен комплектом программного обеспечения Parratt, Fit2D, Sandra.

3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски, флеш-накопители и др. в объёме, необходимом для организации и проведения занятий, по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки.

### **3.4. Информационное обеспечение**

## 3.4.1 Список обязательной литературы

1. А.А. Елисеев, А.В. Лукашин, Ю.Д. Третьяков. Функциональные наноматериалы. Москва, Физматлит, 2010, 456 с.
2. Физика наносистем: монография / Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин. – М.: Логос, 2015. – 192 с.
3. Пул Ч., Оуэнс М. Нанотехнологии. М.: Техносфера (серия «Мир материалов и технологий»), 2006. 336 с. (Poole Ch.P., Owens F.J. Introduction in nanotechnology. John Wiley & Sons, Inc 2003)
4. Суздаев И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. — М.: КомКнига, 2006. — 592 с.
5. Чернышев С.Л. Моделирование и классификация наноструктур, Либроком, 2011, 218 с.
6. Патриция Морис, Поверхность и межфазные границы в окружающей среде. От наноуровня к глобальному масштабу, Бином. Лаборатория знаний, 2013, 340 с.
7. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005. С. 186
8. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2005. 416 с

## 3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Nanobiotechnology. Edited by C.M. Niemeyer and Ch. Mirkin. 2004 WileyVCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinhei
2. Garnett W. Bryant, Glenn S. Solomon. Optics of Quantum Dots and Wires. Artech House Publishers. 2004.

## 3.4.3 Перечень иных информационных источников

**Раздел 4. Разработчики программы**

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Григорьева Наталья Анатольевна	к.ф.м.н.	-	доцент	<a href="mailto:natali@lms.pnpi.spb.ru">natali@lms.pnpi.spb.ru</a> +7-921-7469488