Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
лицей №533 «Образовательный комплекс «Малая Охта»
Красногвардейского района Санкт-Петербурга

Отделение дополнительного образования детей

|  |  |
| --- | --- |
| РАССМОТРЕНАна Педагогическом советеПротокол № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_\_202\_ года | УТВЕРЖДЕНАПриказом № \_\_\_\_\_\_\_от «\_\_» \_\_\_\_\_\_202\_ годаДиректор ГБОУ лицей№533 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /Кунц М.Ю./ |

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ**

**общеразвивающая ПРОГРАММА**

**«Нанотехнологии»**

<техническая и естественно-научная направленность>

Возраст обучающихся: 14-16 лет (9-11 класс)

Срок реализации: 2 года

Разработчик: –

Болдырева Валерия Викторовна,

педагог дополнительного образования

Санкт-Петербург

2021 г

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**Направленность** – естественнонаучная.

**Уровень освоения программы** – научно-культурный.

**Актуальность**

Одной из актуальных проблем современного образования являются межпредметные знания. Однако наука развивается сейчас как раз в этой области. Нанотехнология – это наука, объединяющая естественный профиль с физикой и математикой. Теоретические знания в этой области туго взаимосвязаны с прикладным использованием.

В современном мире происходит активное использование нанотехнологий и развитие технологий для человека. Нанотехнологии дают возможность работать с ничтожно малыми объектами, размеры которых измеряются в нанометрах, складывать из них, как из кубиков, устройства и механизмы. Нанотехнологии впитали в себя самые последние достижения физики, химии и биологии, поэтому представляют собой основу очередной технологической революции – переход от работы с веществом к манипуляции отдельными атомами.

Программа направлена на формирование естественнонаучного мышления у обучающихся, развитие познавательного интереса к изучению свойств веществ, а также на формирование навыков командной и проектной работы. На занятиях формируются умения безопасного обращения с веществами, используемыми в повседневной жизни, закладываются нормы здорового образа жизни.

**Объем и срок реализации программы** – 2 года, 288 акад. часа. – не понимаю, что не так.

**Адресат программы** – обучающиеся 9-11 классов, проявляющие интерес к естественным наукам, физике и математике.

**Цель программы** – формирование у обучающихся познавательного интереса к изучению свойств веществ, навыков командной и проектной работы.

**Задачи программы:**

***Обучающие***

* формировать общее представление о том, что такое нанотехнологии как отрасль науки и производства, и её потенциале для решения многих проблем человечества с помощью высокоэффективных материалов, компонентов и систем;
* углубить и расширить знания учащихся по механике, термодинамике, электродинамике, оптике;
* формировать знания о фундаментальных принципах и физических эффектах, лежащих в основе применения нанотехнологий
* формировать умения и навыки работы с веществами и лабораторным оборудованием;
* расширить представление школьников о физической картине мира на примере знакомства со свойствами нанообъектов;
* показать междисциплинарный характер нанотехнологии как нового направления науки, сформировать межпредметные связи;
* формировать навыки научно-исследовательской деятельности;
* пробудить интерес у обучающихся к исследовательской деятельности и инженерной работе в области нанотехнологий;
* развивать умение обучающихся самостоятельно работать с научными текстами, используя навыки смыслового чтения, и поисковыми системами.

***Развивающие***

* создать условия для развития **познавательного интереса, интеллектуальных и творческих способностей, учащихся в процессе самостоятельного приобретения знаний с использованием различных источников информации;**
* создать условия для развития технических и естественнонаучных компетенций учащихся;
* создать условия для развития способностей к самостоятельному наблюдению и анализу;
* создать условия для развития нетривиального подхода к решению физических задач;
* создать условия для развития исследовательских навыков;
* создать условия для развития аналитического мышления;
* создать условия для развития навыков самостоятельной работы;
* создать условия для развития работы в команде.
* создать условия для развития планирования и тайм-менеджмента;
* создать условия для развития публичных выступлений при защите исследовательской работы.

***Воспитательные***

* - формирование навыки самодисциплины и самоконтроля в ходе проведения исследований и создания различных проектов;
* - воспитание усидчивости и скрупулезности при проведении исследований;
* - воспитание аккуратности при работе в лабораторных условиях;
* - воспитание самостоятельности при принятии решений и способности к аргументированному доказательству собственных гипотез;
* - формирование навыков сотрудничества;
* - воспитание ответственного отношения к природе;
* - воспитание мотивации к здоровому образу жизни.

**Условия реализации программы:**

*Условия набора детей в коллектив*: в группу принимаются все желающие. В группе не более 15 человек.

*Условия формирования групп:* разновозрастные группы*.* Допускается дополнительный набор на второй год обучения на основе собеседования. Обучающиеся должны знать основные понятия химии, физики (электрические явления), биологии (организм человека), математики (функции и графики функций), владеть навыками выполнения исследовательских работ.

**Особенности организации образовательного процесса**

На занятиях проводятся лабораторные опыты. Их цель, с одной стороны, поддержать интерес к изучаемому материалу, с другой – познакомить их на первоначальном уровне с такими важными понятиями, как «коллоидный раствор», «наночастица», «квантовая точка» и др. Некоторые занятия полностью посвящены тренировке навыков командной работы и включат тренинговые упражнения по командообразованию и распределению ролей в эффективной проектной работе.

В конце учебного года учащиеся выполняют собственную исследовательскую работу. В течение учебного года в объединении проводятся конференции, где ребята представляют результаты решения исследовательских задач.

**Формы организации деятельности детей занятий:**

* фронтальная — при беседе, показе, объяснении;
* коллективная — при организации проблемно-поискового или творческого взаимодействия между детьми;
* групповая (работа в малых группах, парах) — при выполнении лабораторных опытов, исследовательских работ.

**Формы занятий:**

*- лекция* (используется для изучения нового материала);

*- практическое занятие* (используется для углубления, расширения и конкретизации теоретических знаний; формирования и закрепления практических умений и навыков; приобретения практического опыта; проверки теоретических знаний. Ориентировано на самостоятельную работу учащегося);

*- исследовательская работа* (направлена на проведение исследований, экспериментов в целях расширения имеющихся и получения новых знаний, формирования навыков самостоятельной работы);

*- игра* (используется для подведения итогов изучения крупного раздела, активизирует мыслительную деятельность, внимание и познавательную деятельность обучающихся, способствует развитию навыков работы в команде);

*- конференция* (проводится для подведения итогов исследовательских работ обучающихся, дает возможность приобрести навыки публичного выступления).

**Материально-техническое оснащение программы**

Для проведения занятий необходим учебный кабинет, оснащенный системами водоснабжения, вентиляции.

**Мебель кабинета:**

Стол педагога – 1.

Стол демонстрационный – 1.

Столы для обучающихся – 15.

Стулья для обучающихся – 30.

Шкафы лабораторные – 3.

**Оборудование:**

Компьютер – 1 шт.

Проектор – 1 шт.

**Лабораторная посуда и оборудование:**

набор посуды для химического анализа и хранения веществ «Многофункциональный» − 1 комплект;

колба коническая 200 мл – 5 шт

пробирки – 30 шт.;

пробки к пробиркам – 30 шт.;

стеклянные палочки – 10 шт.;

спиртовки – 3 шт.;

стеклянные воронки – 2 шт.;

химические стаканы – 10 шт.;

держатели для пробирок – 6 шт.;

пипетки – 10 шт.;

цилиндр мерный – 2 шт.;

штатив лабораторный для пробирок – 5 шт.;

щипцы лабораторные тигельные – 2 шт.;

электронные лабораторные весы – 1 шт.

**Химические реактивы**

***для демонстрационных опытов:***

Активированный уголь – 200 г

Горючее для спиртовок – 0,5 л

Железа (III) хлорид – 0,5 кг

Калия роданид – 0,1 кг

Масло машинное

Масло подсолнечное

Магнитная жидкость

Серебра нитрат – 0,05

Танина раствор

Фильтровальная бумага - 2 уп

Этиловый спирт – 500 мл

**Планируемые результаты освоения программы**

***Личностные***

* настойчивость в достижении цели, терпение и упорство, умение доводить начатое дело до конца;
* умение работать в коллективе, оказывать товарищам помощь и поддержку;
* умение **оформлять, представлять и защищать результаты своих исследований**;
* ответственное отношение к природе;
* мотивация к здоровому образу жизни.

***Метапредметные***

* развитие интеллектуальных и творческих способностей; аналитического мышления; умения классифицировать, строить логическое рассуждение, умозаключение и делать выводы; навыков самостоятельной работы; коммуникабельности; навыка публичных выступлений при защите исследовательской работы;
* приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников.

***Предметные***

* знание **физических основ нанотехнологий, масштабы наномира, основные представления квантовой механики, основные типы наноструктур; методы получения и исследования наноструктур; уникальные свойства наноструктур; применение наноразмерных систем в электронике;**
* знание **роли нанотехнологий в биологии, химии, технологии, медицине и других науках;**
* знание **ближайших перспектив нанотехнологий и их роль в нашей жизни;**
* **применять знания, полученные в ходе изучения курса, на уроках физики, химии и биологии, информатики и др. для объяснения происходящих вокруг процессов и явлений на уровне наномира.**

**Учебный план 1 года обучения**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Наименование раздела** | **Количество часов** |
| всего | теория | практика |
| I | **ВВЕДЕНИЕ (6 часов)** |  |  |  |
| 1, 2 | Техника безопасности. Положение нанообъектов на шкале размеров. История развития нанотехнологий.(Ричард Фейнман – пророк нанотехнологической революции. Почему освоение наномира может быть так полезно для человечества? Эрик Дрекслер и его книга «Машины созидания»). | 2 | 2 |  |
| 3, 4 | Междисциплинарность нанотехнологий | 2 | 1 | 1 |
| 5, 6 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | **НАНОТЕХНОЛОГИИ ВОКРУГ НАС (8 часов)** |  |  |  |
| 7, 8 | Нанокомпьютеры и нанороботы. Нанопорошки и нанопокрытия. Литография. Рисунки в нанотехнологиях. | 2 | 2 |  |
| 9, 10 | Несмачиваемые и бактерицидные поверхности. Нанокомпозитные материалы.(Всегда чистые ветровые стёкла, диски колёс и т.п., созданные на основе наночастиц оксида титана и серебра поверхности, обладающие бактерицидными свойствами). | 2 | 2 |  |
| 11, 12 | Нанотехнологии в энергетике и экологии. Нанотехнологии в криминалистике и косметике. | 2 | 1 | 1 |
| 13, 14 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | **ОБЪЕКТЫ НАНОМИРА (22 часа)** |  |  |  |
| 15, 16 | [Размерные эффекты](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_9/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Магические числа.(Влияние размера частиц (различных объектов) на их свойства. Обсуждение проявлений размерного фактора в науке, природе и технике). | 2 | 2 |  |
| 17,18  | [Наночастицы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Нанокристаллы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_5/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Понятие наночастиц. Обсуждение типов и различных вариантов классификации наночастиц. Понятие нанокристаллического состояния. Обсуждение влияния нанокристаллического состояния на функциональные свойства материалов). | 2 | 2 |  |
| 19, 20 | [Наностержни](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_6/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [нитевидные кристаллы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554541834179/PROP_FILE_files_4/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Нанокольца](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и нановолокна. (Понятие анизотропии формы наночастиц и ее роли в управлении функциональными свойствами наноматериалов. Обсуждение примеров использования наностержней и наночастиц с кольцевой формой в науке и технике). | 2 | 2 |  |
| 21, 22 | [Гигантские кластеры](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Гибридные наноматериалы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_1/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Открытие и структура гигантских кластеров, взаимосвязь "кластеров" и "наночастиц". Обсуждение методов получения и каталитической активности кластеров, а также функциональных свойств материалов с кластерной структурой. Понятие гибридного материала. Обсуждение химической связи в гибридных материалах и явления полифункциональности наноматериалов). | 2 | 2 |  |
| 23, 24 | [Наноструктуры](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_7/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), наноклей. [Наноматериалы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_5/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Понятие наноструктуры и ее отличия от понятия "наночастица". Обсуждение примеров наноструктур и их особых физических, химических и биологических характеристик. Понятие наноматериала и его отличий от понятия "вещество". Обсуждение классификации современных наноматериалов).  | 2 | 2 |  |
| 25, 26 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 27, 28 | [Нанокерамика](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_14/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Мембраны](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_17/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и целиты. (Понятие керамики и нанокерамики. Обсуждение областей практического использования нанокерамики. Мембраны и мембранные технологии. Обсуждение роли мембранных технологий в получении новых веществ и материалов. Структура, свойства и синтез цеолитов. Обсуждение областей практического использования цеолитов в катализе и очистке воды). | 2 | 2 |  |
| 29, 30 | [Нанокомпозиты](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_4/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Стеклокерамика](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_18/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf).(Понятие нанокомпозита и его отличия от понятия "вещество" и "фаза". Обсуждение существующих вариантов классификации и областей практического использования различных нанокомпозитов. Стеклокерамика как композит, механические свойства стеклокерамики. Обсуждение возможностей создания стеклокерамических материалов с заданными функциональными характеристиками). | 2 | 2 |  |
| 31, 32 | [Коллоидные системы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_13/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Понятие коллоидной системы. Обсуждение строения мицелл и методов анализа коллоидных растворов). | 2 | 1 | 1 |
| 33, 34 | [Эмульсии](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_19/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Супрамолекулярная химия](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554531761980/PROP_FILE_files_10/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Эмульсии как распространенный пример коллоидных систем. Обсуждение возможностей эмульсионного синтеза наночастиц и получения наноматериалов. Понятие о супрамолекулярной химии. Использование подходов супрамолекулярной химии для получения материалов и наноматериалов. Супрамолекулярная химия как мостик между живой и неживой природой). | 2 | 1 | 1 |
| 35, 36 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | **УГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ (8 часов)** |  |  |  |
| 37, 38 | Углеродные нанотрубки.(Понятие углеродных нанотрубок, информация об их строении и методах получения. Обсуждение природы химической связи в нанотрубках и основных отличий одностенных и многостенных УНТ). | 2 | 1 | 1 |
| 39, 40 | [Фуллерен](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554541834179/PROP_FILE_files_7/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Графен](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554541834179/PROP_FILE_files_1/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf).Понятие фуллерена, строение и получение фуллеренов. Обсуждение перспектив химического модифицирования и практического использования фуллеренов. Понятия графита, графена, оксида графена, строение и особые свойства графена. Обсуждение перспектив химического модифицирования и практического использования графена. | 2 | 2 |  |
| 41, 42 | [Хиральность](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554541834179/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие хиральности. Обсуждение взаимосвязи хиральности и физических свойств одностенных углеродных нанотрубок. [Космический лифт](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554541834179/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). "За" и "против" космического лифта. Обсуждение практического использования углеродных наноматериалов. | 2 | 1 | 1 |
| 43, 44 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | **НЕУГЛЕРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ (4 часа)** |  |  |  |
| 45, 46 | [Неуглеродные нанотрубки](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554541834179/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD_%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Нанокомпозиты, нанопористые и нанофазные материалы.(Понятие неуглеродных нанотрубок. Обсуждение функциональных свойств и практического использования различных неуглеродных нанотрубок). | 2 | 2 |  |
| 47, 48 | Нанопроволоки. Дендримеры – капсулы наноразмеров. Семинар по неуглеродным материалам | 2 | 1 | 1 |
|  | **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР (26 часов)** |  |  |  |
| 49, 50 | Пути создания нанообъектов: технологии «сверху - вниз» и «снизу-вверх». | 2 | 2 |  |
| 51-54 | Электронная микроскопия.(Устройство электронного микроскопа. Обсуждение основных принципов, лежащих в основе растровой и просвечивающей электронной микроскопии). | 4 | 2 | 2 |
| 55- 58 | Сканирующая туннельная микроскопия.(Ознакомление с принципами функционирования и методиками измерений с использованием СЗТ, СТМ) | 4 | 2 | 2 |
| 59-62 | Атомно-силовая микроскопия.(Ознакомление с принципами функционирования и методиками измерений с использованием АСМ. Обсуждение эффективности применения различных режимов работы приборов для анализа тех или иных наноматериалов и нанообъектов) | 4 | 2 | 2 |
| 63, 64 | [Кантилевер](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554631412889/PROP_FILE_files_5/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Устройства нанопозиционирования](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554631412889/PROP_FILE_files_6/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Устройство кантилевера. Обсуждение способов производства кантилеверов и их направленной модификации под заданные цели исследования. Принципы работы устройств нанопозиционирования. Обсуждение физических явлений, используемых при (для) создания устройств нанопозиционирования). | 2 | 2 |  |
| 65, 66 | [Нановесы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554631412889/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Наноиндентер](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554631412889/PROP_FILE_files_11/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf).(Устройства определения массы одиночных молекул. Обсуждение физических принципов "взвешивания" молекул и основных инженерных решений для таких устройств. Устройство наноиндентера. Обсуждение вопросов анализа микротвердости и функциональных параметров материала, определяемых при наноиндентировании). | 2 | 2 |  |
| 67, 68 | [Нанопинцет](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554631412889/PROP_FILE_files_10/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Оптический пинцет](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554631412889/PROP_FILE_files_9/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Устройство нанопинцета (наноманипулятора). Обсуждение принципов создания устройств для контролируемого перемещения отдельных нанообъектов. Устройство оптического пинцета, обсуждение картины физических процессов, лежащих в основе функционирования оптического пинцета). | 2 | 2 |  |
| 69, 70 | [Нанотермометр](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554631412889/PROP_FILE_files_7/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Синхротронное излучение](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554631412889/PROP_FILE_files_12/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Пример устройства нанотермометра. Обсуждение вопроса о возможности и целесообразности измерения температур с помощью нанотермометров. Устройство (принципиальная схема работы) синхротрона. Обсуждение группы методов, использующих для анализа наноматериалов синхротронное излучение). | 2 | 2 |  |
| 71, 72 | [Ядерный магнитный резонанс](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554631412889/PROP_FILE_files_13/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Принципы ЯМР. Обсуждение возможностей использования ЯМР - спектроскопии и ее модификаций для анализа наноматериалов). | 2 | 1 |  |
| 73, 74 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | **МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУР (22 часа)** |  |  |  |
| 75, 76 | [Золь - гель технология](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Основы золь - гель метода получения наноматериалов. Обсуждение различных вариантов применения золь - гель технологии для синтеза функциональных и конструкционных наноматериалов). | 2 | 1 | 1 |
| 77, 78 | [Темплатный метод синтеза](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_9/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Тонкие пленки](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_7/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Основы темплатного метода получения наноматериалов. Обсуждение влияния различных темплатов на наноструктурирование и самосборку материалов. Получение тонких пленок. Обсуждение химических и физических методов получения тонких пленок). | 2 | 2 |  |
| 79, 80 | [Гетероструктуры](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_6/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Лазерная абляция](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_1/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Гетероструктуры и сверхрешетки. Обсуждение методов создания сверхструктур. Лазерное напыление планарных структур). | 2 | 2 |  |
| 81-84 | [Молекулярно - лучевая эпитаксия](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Напыление планарных структур с помощью молекулярно - лучевого метода). | 4 | 1 | 3 |
| 85, 86 | [Нанолитография](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_4/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). ["Рисование" ионным пучком](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_11/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%2B%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Использование подходов литографии для модифицирования поверхности. Обсуждение возможностей и ограничений нанолитографии для получения наноматериалов. Литография с помощью сфокусированного ионного пучка. Обсуждение возможностей и ограничений FIB - литографии для получения наноматериалов). | 2 | 2 |  |
| 87, 88 | [Самосборка](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554604339901/PROP_FILE_files_6/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Понятие самосборки. Обсуждение возможностей использования самосборки для создания наноматериалов. Самосборка в природе и технике). | 2 | 1 | 1 |
| 89, 90 | [Самоорганизующиеся массивы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554604339901/PROP_FILE_files_4/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и монослои. [Фотонные кристаллы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554604339901/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Обсуждение примеров самосборки и ограничений метода, возможностей использования самособирающихся монослоев для получения наноматериалов. Фотонные кристаллы как продукт самосборки. Обсуждение возможностей использования фотонных кристаллов и других сверхрешеток в науке и технике, природные примеры фотонных кристаллов (опал, насекомые)). | 2 | 2 |  |
| 91, 92 | [Микросферная литография](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554604339901/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Диссипативные структуры](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554604339901/PROP_FILE_files_1/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Использование микросферной литографии для получения наноструктур. Обсуждение возможностей метода. Элементы неравновесной термодинамики). | 2 | 1 | 1 |
| 93, 94 | [Самоорганизация](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554604339901/PROP_FILE_files_5/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Демон Максвелла](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554604339901/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Понятие самоорганизации. Сравнение понятий "самосборка" и "самоорганизация". Нереальные устройства и существа. Обсуждение парадоксов наномира и законов "больших чисел"). | 2 | 2 |  |
| 95, 96 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | **ФИЗИКА И ХИМИЯ ПОВЕРХНОСТИ (12 часов)** |  |  |  |
| 97, 98 | [Амфифильные соединения](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554555565822/PROP_FILE_files_1/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [поверхностно - активные вещества](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554555565822/PROP_FILE_files_6/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Понятие ПАВ. Обсуждение структуры и строения ПАВ и их использования в науке, технике и быту). | 2 | 1 | 1 |
| 99, 100 | [Пленки Лэнгмюра - Блоджетт](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554555565822/PROP_FILE_files_5/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Мицеллы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554555565822/PROP_FILE_files_4/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Метод Лэнгмюра - Блоджетт получения пленок и покрытий. Описание способов молекулярной сборки и получения мономолекулярных слоев. Формирование мицелл и их строение. Использование мицелл как микро- и нанореакторов). | 2 | 2 |  |
| 101, 102 | [Жидкие кристаллы](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554555565822/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Понятие жидкого кристалла. Обсуждение современных классификаций жидких кристаллов и их использования в синтезе наноматериалов, практического применения в науке и технике). | 2 | 1 | 1 |
| 103, 104 | [Мезопористые соединения.](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554555565822/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) [Блоксополимеры](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554555565822/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf).(Формирование мезопористых соединений. Обсуждение способов получения мезопористых материалов и их практической значимости. Блоксополимеры как важный класс материалов для нанотехнологий. Обсуждение строения и свойств блоксополимеров и их практического использования, в частности, при синтезе наноматериалов, для блоксополимерной литографии). | 2 | 2 |  |
| 105, 106 | [Нанотрибология](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554555565822/PROP_FILE_files_7/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Теория оборванных связей](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [катализ](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554587963107/PROP_FILE_files_10/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Взаимодействие поверхностей "на молекулярном уровне". Обсуждение атомно - молекулярной природы трения и способов его измерения при взаимодействии нанообъектов. Особое состояние поверхности. Обсуждение причин повышенной химической, каталитической, агрегативной неустойчивости наноматериалов и особой роли поверхности в их поведении). | 2 | 2 |  |
| 107, 108 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | **КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И НАНОСТРУКТУРЫ (10 часов)** |  |  |  |
| 109, 110 | Электромагнитные волны. Квантовые свойства излучения, фотоны | 2 | 2 |  |
| 111, 112 | Гипотеза де Бройля. Соотношения неопределённостей. | 2 | 2 |  |
| 113, 114 | Квантовые представления об атоме. Кристаллы и энергетические зоны. | 2 | 2 |  |
| 115, 116 | Потенциальные яма и барьер. Туннельный эффект. | 2 | 2 |  |
| 117, 118 | Квантовые ямы, точки, проволоки.(Квантовые точки – искусственные атомы наномира). | 2 | 2 |  |
|  | **УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУР** **(26 часов)** |  |  |  |
| 119, 120 | Число «ближайших соседей» в наночастице. (Большое отношение поверхности к объёму – основное свойство нанообъектов. «Эффект лотоса»). | 2 | 2 |  |
| 121, 122 | Механическая прочность нанотрубок.(Отсутствие дислокаций – причина колоссальной прочности нанопроволок и нанотрубок). | 2 | 2 |  |
| 123, 124 | [Модуль Юнга](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554541834179/PROP_FILE_files_10/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%2B%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD_new.pdf) и [закон Холла - Петча](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554541834179/PROP_FILE_files_9/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Механические свойства наносистем. Обсуждение применимости макроскопических (обычных) законов механики к наносистемам). | 2 | 2 |  |
| 125, 126 | Температура плавления наночастиц.(Почему температура плавления металлических нанообъектов уменьшается на сотни градусов?) | 2 | 2 |  |
| 127, 128 | Электросопротивление наноструктур.(Почему электрическое сопротивление нанотрубки не зависит от её длины?) | 2 | 2 |  |
| 129-132 | Магнетизм наноструктур | 4 | 2 | 2 |
| 133, 134 | Цвет наночастиц. (Зависимость цвета в наномире от размера объектов). | 2 | 1 | 1 |
| 135, 136 | Сверхнизкие температуры и нанообъекты | 2 | 2 |  |
| 137-138 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 139-140 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 141-142 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 143-144 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | За 1 год обучения | 144 | 95 | 49 |

**УЧЕБНЫЙ ПЛАН 2 года обучения**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Наименование раздела** | Количество часов |
| **всего** | **теория** | **практика** |
|  | **Наноэлектроника (34 часа)** |  |  |  |
| 1, 2 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 3, 4 | [Закон Мура](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554989223447/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), [единицы измерения](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_9/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [нанометрология](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Тенденция развития электроники. Обсуждение пределов развития классической "кремниевой" микроэлектроники | 2 | 2 |  |
| 5, 6 | [Квантоворазмерные эффекты](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), [энергетическая щель](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_6/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), [экситон](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_7/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), Одноэлектронное и Резонансное [туннелирование](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_4/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Физические основы создания наноустройств. Обсуждение принципов работы новых типов устройств. | 2 | 2 |  |
| 7, 8 | [Наноэлектроника](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554989223447/PROP_FILE_files_4/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [молекулярная электроника](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554989223447/PROP_FILE_files_6/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие наноэлектроники. Обсуждение перспектив и ограничений развития наноэлектроники и молекулярной электроники. | 2 | 2 |  |
| 9, 10 | [Квантовые точки](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_1/%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), [квантовые нити](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD_%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие квантовой точки. Обсуждение влияния размерного фактора на свойства наноматериалов. | 2 | 2 |  |
| 11, 12 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 13, 14 | [Наноплазмоника](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_16/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие наноплазмоники. Обсуждение практического использования наноплазмоники в солнечной энергетике, биосенсорике и других областях. | 2 | 2 |  |
| 15, 16 | [Метаматериалы](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_15/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятия метаматериалов. Обсуждение практической значимости метаматериалов. | 2 | 2 |  |
| 17,18  | [Транзистор](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554989223447/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [одноэлектронный транзистор](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554989223447/PROP_FILE_files_5/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие одноэлектронного транзистора. Обсуждение идеи одноэлектронных устройств. | 2 | 2 |  |
| 19, 20 | [Квантовый компьютер](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_5/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие квантового компьютера и кубитов. Обсуждение перспектив создания квантового компьютера. | 2 | 2 |  |
| 21, 22 | [Суперпарамагнетизм](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554989223447/PROP_FILE_files_7/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [устройства хранения информации](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554989223447/PROP_FILE_files_1/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD_%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие суперпарамагнитных материалов, обсуждение принципов обеспечения сверхвысокой плотности информации. | 2 | 2 |  |
| 23, 24 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 25, 26 | [Нанороботы](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_13/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), [наномашины](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_11/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Критика идеи нанороботов. | 2 | 2 |  |
| 27, 28 | [Пьезодвигатели](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_17/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), [наноактуаторы](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_12/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), [МЭМС](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_14/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), [НЭМС](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555005806086/PROP_FILE_files_10/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие микро- и электромеханических систем. Обсуждение возможностей практического использования МЭМС и НЭМС. | 2 | 2 |  |
| 29, 30 | [Наноэнергетика](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554989223447/PROP_FILE_files_9/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), [нанобатарейки](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554989223447/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие химических источников тока. Обсуждение роли наноматериалов в создании новых поколений ХИТ. | 2 | 2 |  |
| 31, 32 | Сверхпроводниковая электроника, Спинтроника. | 2 | 2 |  |
| 33, 34 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | **Нанотехнологии здоровья (80 часов)** |  |  |  |
| 35, 36 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 37, 38 | Нанотехнологии в природе: Гекконы, мидии и суперклей. | 2 | 2 |  |
| 39, 40 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 41, 42 | [Биомиметика](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_11/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Творческое копирование изобретений природы. Обсуждение примеров успешного использования достижений биомиметики в медицине. | 2 | 2 |  |
| 43, 44 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 45, 46 | Наномедицина и [Бионанотехнологии](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Обсуждение взаимосвязи нанобиотехнологий с химией, физикой, биологией, медициной, а также перспектив их использования на практике. | 2 | 2 |  |
| 47, 48 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 49, 50 | Биокомпьютеры. | 2 | 2 |  |
| 51, 52 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 53, 54 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 55, 56 | Нанобиореакторы. | 2 | 2 |  |
| 57, 58 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 59, 60 | Нанокапсулы. Адресная доставка лекарств. Обсуждение преимуществ и недостатков использования нанокапсул. | 2 | 2 |  |
| 61, 62 | [Вирусы](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [биокристаллы](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_16/panfilov.pdf). Нанотехнологии против вирусов и бактерий. Адресная доставка лекарств, упакованных в нанокапсулы, к больным клеткам. | 2 | 2 |  |
| 63, 64 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 65, 66 | [Наномодификаторы](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_9/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Модифицирование поверхности наночастиц. Обсуждение перспектив применения нанобиоконъюгатов в медицине. | 2 | 2 |  |
| 67, 68 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 69, 70 | [Дендримеры](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_10/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие дендримеров. Обсуждение возможностей и перспектив использования дендримеров в наномедицине. | 2 | 2 |  |
| 71, 72 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 73, 74 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 75, 76 | [Биоматериалы](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_1/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Биосовместимость и токсичность материалов и наноматериалов. Обсуждение принципов создания и использования биоматериалов. Проблема безопасности наноматериалов и нанотехнологий | 2 | 2 |  |
| 77, 78 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 79, 80 | [Биокерамика](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_15/bioker.pdf). Керамические материалы для протезирования. Обсуждение принципов создания и использования биокерамики. | 2 | 2 |  |
| 81, 82 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 83, 84 | Генная инженерия. Использование ДНК для синтеза лекарств. | 2 | 2 |  |
| 85, 86 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 87, 88 | Трансгенные животные и растения. Генмодифицированные продукты: за и против. | 2 | 2 |  |
| 89, 90 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 91, 92 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
| 93, 94 | [Нанолекарства](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_5/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [нанофармакология](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие новой базы для развития фармакологии. Обсуждение преимуществ и недостатков "нанолекарств". | 2 | 2 |  |
| 95, 96 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 97, 98 | Нанотехнологии в борьбе с раковыми заболеваниями. | 2 | 2 |  |
| 99, 100 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 101, 102 | Нанотехнологии в диагностике. [Наносенсоры](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_12/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), электронный [нос](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_13/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf), электронный [язык](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_14/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Биосенсоры. Обсуждение принципов функционирования и различных вариантов конструкций биосенсоров. | 2 | 2 |  |
| 103, 104 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 105, 106 | [Нанотоксичность](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12554977376829/PROP_FILE_files_7/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). Понятие нанотоксикологии. Обсуждение действительных рисков и фобий в области нанотехнологий. Возможные риски использования наноматериалов. | 2 | 2 |  |
| 107, 108 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 109, 110 | Полимеры и нанотехнологии | 2 | 2 |  |
| 111, 112 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 113, 114 | **Тренинг коммуникации и командообразования.** | 2 |  | 2 |
|  | **Перспективы развития нанотехнологий (36 часов)** |  |  |  |
| 115, 116 | Кто есть кто. (Ученые мирового уровня, связанные с развитием нанотехнологий). [Критические технологии](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_9/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Наиболее важные направления развития технологий). | 2 | 2 |  |
| 117, 118 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 119, 120 | [Наноиндустрия](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_3/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Идеализированное представление о наноиндустрии). [Патентование](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Защита интеллектуальной собственности). | 2 | 2 |  |
| 121, 122 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 123, 124 | [Умные материалы](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_6/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Перспективы развития наноматериалов). | 2 | 2 |  |
| 125, 126 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 127, 128 | [Военные нанотехнологии](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_7/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [серая слизь](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Предполагаемые разработки в области технологий двойного назначения). | 2 | 2 |  |
| 129, 130 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 131, 132 | [Центры превосходства](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_11/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [нанообразование](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554501213607/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). (Способы создания новых кадров для развития нанотехнологий). | 2 | 2 |  |
| 133, 134 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 135, 136 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 137-138 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 139-140 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 141-142 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
| 143-144 | Проектная работа | 2 |  | 2 |
|  | За 2 год обучения | 144 | 72 | 72 |

**Календарный учебный график**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год обучения | Дата начала обучения по программе | Дата окончания обучения по программе | Всего учебных недель | Количество учебный часов | Режим занятий |
| 1 год | 01.10.22 | 04.02.2022 | 36 | 144 | 4 часа в неделю |
| 2 год | 01.10.22 |  | 36 | 144 | 4 часа в неделю |
|  |  |  |  |  |  |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Особенности организации образовательного процесса 1 года обучения**

Освоение программы 1 и 2 года обучения подразумевает изучение **физических основ нанотехнологий, основные типы наноструктур, методов получения и исследования наноструктур, уникальных свойства наноструктур, применение наноразмерных систем в электронике, роль нанотехнологий в биологии, химии, технологии, медицине и других науках, ближайшие перспективы нанотехнологий и их роль в нашей жизни.**

Ребята учатся самостоятельно формулировать проблему, проводить анализ и выполнять исследовательскую работу.

**Содержание программы**

**1 года обучения**

[**Введение в нанотехнологии**](http://www.nanometer.ru/2011/11/13/nanoazbuka_264133.html)**.**

Понятие об истории возникновения, общей значимости и сути нанотехнологий и наноматериалов.

[**Объекты наномира**](http://www.nanometer.ru/2011/11/13/nanoazbuka_264138.html)**.**

Общие понятия об основных типах нанообъектов в неживой и живой природе.

[**Углеродные наноматериалы**](http://www.nanometer.ru/2011/11/13/nanoazbuka_264141.html)**.**

Дать понятие об основных типах, свойствах, строении и практическом использовании различных углеродных наноматериалов.

[**Поверхность**](http://www.nanometer.ru/2011/11/13/nanoazbuka_264144.html)**.**

Понятие об особых свойствах поверхности, границ раздела и их вкладе в особые характеристики наноматериалов.

[**Получение наноматериалов**](http://www.nanometer.ru/2011/11/13/nanoazbuka_264146.html)**.**

Знакомить с важными подходами к получению наноматериалов и наноструктур.

[**Самоорганизация и материалы**](http://www.nanometer.ru/2011/11/13/nanoazbuka_264153.html)**.**

Ознакомление с понятиями самосборки и самоорганизации, часто используемых для получения современных наноматериалов.

[**Инструменты нанотехнологий**](http://www.nanometer.ru/2011/11/13/nanoazbuka_264154.html)**.**

Ознакомление с основами важнейших методов анализа наноматериалов и манипулирования ими.

**2 года обучения**

**Физика наноустройств, информационные технологии и альтернативная энергетика.**

Ключевые физических явлениях на наноуровне, использование которых позволяет создавать новые устройства для наноэлектроники и информационных технологий

**Нанотехнологии здоровья.**

ознакомление с перспективами применения достижений нанобиотехнологий в экологии и здравоохранении

**Перспективы развития нанотехнологий.**

[Критические технологии](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_9/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Патентование](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_2/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Умные материалы](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_6/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf). [Центры превосходства](http://www.nanometer.ru/2009/10/14/12555015755050/PROP_FILE_files_11/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf) и [нанообразование](http://www.nanometer.ru/2009/10/13/12554501213607/PROP_FILE_files_8/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD.pdf).

**Выполнение исследовательской работы.**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

*Для педагога:*

1. Биофизика В.О.Самойлов, 2004
2. Материалы и методы нанотехнологий, Старостин В.В., 2012.
3. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии, Гусев А.И., 2005.
4. Нанотехнологии, Наноматериалы, Наносистемная техника, Мировые достижения, Мальцев П.П., 2008.
5. Основы нанотехнологий, Головин Ю.И., 2012.
6. **Андриевский Р.А., Рагуля А.В.** «Наноструктурные материалы». – М., Академия, 2005.
7. **Андрюшин Е.А.** «Сила нанотехнологий: наука & бизнес». – М., Фонд «Успехи физики», 2007.
8. **Харрис П.** «Углеродные нанотрубы и родственные структуры» – М., Техносфера, 2003.

*Для обучающихся и родителей:*

1. Кац Ц.Б. Биофизика на уроках физики. -М. Просвещение, 1988.
2. Введение в нанотехнологии, Модуль физика, 10-11 класс, Зубков Ю.Н., Кадочкин А.С., Козлов Д.В., 2012.
3. **Кобаяси Н.** Введение в Нанотехнологию, М., Изд-во Бином, 2005.
4. Нанотехнологии, Азбука для всех, Третьяков Ю.Д., 2008.
5. Нанотехнологии, Пул Ч., Оуэнс Ф., 2005
6. **Ратнер М., Ратнер Д.** «Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи» – М., Изд-во «Вильямс», 2005.
7. Медицинская биофизика Самойлов В.О., 2002.

*Интернет-ресурсы:*

1. Лекция 1 по нанотехнологиям олимпиады НТИ <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=dddDpuHfmc0&feature=youtu.be&t=641>
2. Лекция 1 по нанотехнологиям олимпиады НТИ <https://www.youtube.com/watch?v=Iq4Q1Ke-Rvo>
3. Сетевая школа НИЯУ МИФИ «нанотехнологии» <https://www.youtube.com/watch?v=b9T0lzOvz5g>
4. <http://www.nanometer.ru/> – Сайт нанотехнологического сообщества «Нанометр»
5. <http://www.nanonewsnet.ru/> – Сайт о нанотехнологиях #1 в России
6. <http://www.nanorf.ru/> – Журнал «Российские нанотехнологии»
7. <http://www.nanojournal.ru/> – Российский электронный наножурнал
8. <http://www.nanoware.ru/> – Официальный сайт потребителей нанотоваров
9. <http://nauka.name/category/nano/> – Научно-популярный портал о нанотехнологиях, биогенетике и полупроводниках