

Информационный бюллетень ФНМ

В конце прошлого года Президент РФ Д.А.Медведев подписал Федеральный закон № 259-ФЗ «О Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова и Санкт-Петербургском государственном университете», который вступил в силу 24 ноября 2009 г.

Закон определил особое правовое положение двух ведущих классических университетов Российской Федерации - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова и Санкт-Петербургский государственный университет как уникальных научно-образовательных комплексов, старейших высших учебных заведений страны, имеющих огромное значение для развития российского общества.

Учредителем Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова от имени Российской Федерации выступает Правительство РФ, которое утверждает устав университета. Ректор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова назначается на должность и освобождается от должности Президентом РФ.

Закон также дает МГУ право реализовать образовательные программы высшего профессионального и послевузовского профессионального образования на основе самостоятельно устанавливаемых образовательных стандартов и требований, а также право проводить дополнительные вступительные испытания профильной направленности при приеме для обучения по программам бакалавриата и программам подготовки специалистов.

В указе о назначении академика В.А. Садовниченко ректором МГУ Президент поручил ему представить в Правительство РФ программу развития МГУ до 2020 г. В соответствии в этом указом и по поручению ректора Факультет наук о материалах МГУ подготовил программу развития на ближайшее десятилетие, с которой мы знакомим наших читателей в этом выпуске «Нанометра».



Программа развития Факультета наук о материалах МГУ

Приоритетные направления активности ФНМ МГУ в области образования

В качестве приоритетов развития ФНМ МГУ в области образования следует выделить:

1. Создание и реализацию набора образовательных программ “Новые поколения наноматериалов для энергетики, ядерных, космических, медицинских и информационных технологий”. Эти программы должны быть обеспечены создаваемыми коллективом ФНМ оригинальными учебниками и учебными пособиями, современными практикумами и высокоэффективными средствами дистанционного образования, доступными в любых регионах РФ.

2. Смещение акцентов образовательной деятельности МГУ от массовой подготовки студентов и бакалавров в сторону преимущественной подготовки магистров, аспирантов и докторантов, отбираемых в результате тщательного конкурсного отбора выпускников любых классических и технических университетов России и СНГ. Развитие совместной аспирантуры “РФ – зарубежные страны” на основе опыта организации совместной аспирантуры МГУ с ведущими зарубежными университетами Франции и Японии.

3. Развитие системы подготовки post-doc’ов.

4. Развитие системы подготовки магистров

4.1. Оработка современных технологий преподавания наук о материалах в классических университетах РФ, предусматривающих большую степень междисциплинарности, углубленную фундаментальную подготовку, а также целенаправленный тренинг практических навыков научной работы на самом современном оборудовании, включая самостоятельную работу в лабораториях и развитие навыков международного научного общения.

4.2. Разработка нового типа мультимедийных лекций, электронных версий учебно-методических материалов, создание библиотеки медиафильмов для очного и дистанционного образования с целью обеспечения их постоянной доступности для студентов, а также более гибкого использования иллюстративного и дидактического материала преподавателями, широкое внедрение в учебный процесс практики использования различных программных пакетов, имитационных игр, баз данных и электронных библиотек; создание виртуального учебника по нанонауке и нанотехнологиям; создание виртуального гида по микроструктурам и свойствам современных материалов, интерактивно доступного через сеть Интернет.

4.3. Внедрение в учебный процесс практики проведения научно-практических студенческих конференций для развития навыков научного общения и систематического обобщения данных научных исследований.

4.4. Организация экспериментальных площадок в школах для непрерывного образования “школа-ВУЗ”, участие магистрантов ФНМ МГУ в создании оригинальных миникурсов лекций, кружков и научных обществ с подшефными школами.

5. Аспирантура, докторантура, кадры высшей квалификации

5.1. Развитие системы университетского образования, рассчитанной на подготовку кадров высокой и высшей квалификации благодаря обучению через науку. МГУ и его подразделения способны

реализовывать это направление деятельности благодаря уникальному сочетанию педагогического и научного потенциала. Необходимо новейшее научное оборудование, дополняющее уже имеющееся в МГУ, включая высокоразрешающую электронную микроскопию, чистые комнаты высокого класса, мягкую литографию, уникальные спектрометры и т.д.

5.2. Обеспечение научно-исследовательской практики и исследовательских работ с ведущими центрами РАН, а также зарубежными исследовательскими центрами по совместным программам для повышения качества подготовки специалистов высшей квалификации и предотвращения утечки умов.

5.3. Активное вовлечение магистрантов, аспирантов, докторантов в научно-исследовательские проекты федерального уровня по федеральным целевым научно-техническим программам.

6. Дистанционное образование и повышение квалификации

6.1. Создание на базе ФНМ МГУ междисциплинарного Центра переподготовки (Center of Excellence) для фирм-работодателей специалистов с высшим образованием и конкурентоспособных материаловедов-исследователей международного уровня.

6.2. Открытие на ФНМ программ повышения квалификации “Наноматериалы и нанотехнологии”, “Разработка и создание современных материалов для наукоемких технологий”, “Современные методы исследования наноматериалов” и др.

6.3. Разработка системы массовых олимпиад, рассчитанных как на отбор, так и на воспитание наиболее талантливой молодежи и школьников в условиях демографического спада, ожидаемого в ближайшие годы.

6.4. Реализация серии летних школ для студентов, аспирантов, талантливых школьников с участием ведущих ученых МГУ, других университетов и институтов РАН.

7. Взаимодействие с соотечественниками и международные отношения

7.1. Приглашение лекторов из-за рубежа для чтения лекции магистрантам и аспирантам в области современных научных направлений.

7.2. Организация стажировок магистрантов у бывших соотечественников, работающих сейчас за рубежом с целью более тесного взаимодействия с ними, участие в совместных грантах и аспирантурах.

Приоритетные направления активности ФНМ МГУ в научно-технической области

Фундаментальные и ориентированные фундаментальные исследования наноматериалов, рассчитанные на удовлетворение потребностей, связанных с приоритетами технологического развития РФ (энергетика, космос, ядерные, медицинские и информационные технологии). В качестве конкретных направлений указанных исследований ФНМ МГУ выделяет следующие:

1. Разработку новых методов получения функциональных наноматериалов

2. Создание материалов для водородной и солнечной энергетики

3. Разработку функциональных материалов для экстремальных условий эксплуатации (космические технологии и энергетика)

4. Создание Li-воздушных батарей и сверхвысокоемких многофункциональных химических

источников тока

5. Разработку материалов для создания систем хранения информации со сверхвысокой плотностью записи на основе нанокompозитов

6. Формирование сверхрешеток на основе квантовых точек и субмикронных самособирающихся строительных блоков как элементов фотонных устройств и оптических сенсоров для информационных технологий

7. Разработку фотонных материалов (информационные технологии будущего)

8. Создание наноматериалов для сенсорики (космические технологии, энергетика, диагностика)

9. Разработку неорганических и гибридных нанокompозитов для светоизлучающих устройств нового поколения и органических светоизлучающих элементов для устройств отображения информации

10. Синтез нанокompозитов на основе интеркалированных одностенных углеродных нанотрубок для микро-, наноэлектроники и сенсорики

11. Создание микро-, мезопористых, асимметричных и композитных неорганических мембран для топливных элементов, проточного катализа и ультрамикрофильтрации

12. Создание наноструктурированных широкозонных полупроводниковых материалов для фотокатализа, очистки и фотоэлектрохимического разложения воды.

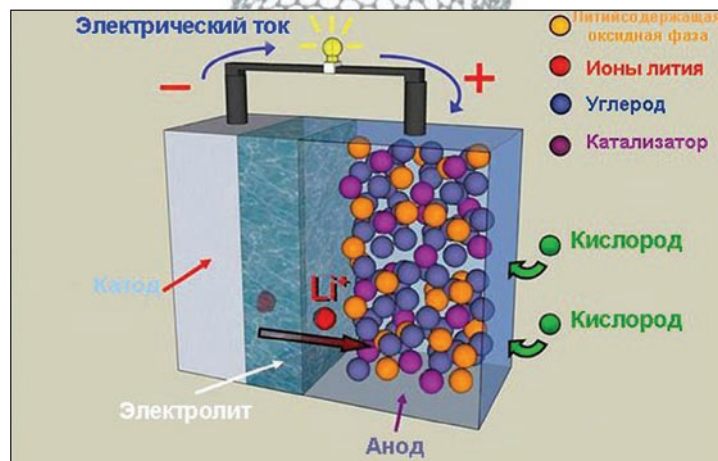
13. Разработку магнитных наночастиц для медицинской визуализации и наномедицины

14. Анализ резонансных процессов переноса энергии в сопряженных нанобиосистемах для разработки новых оптических сенсоров и сенсорики солнечных батарей

15. Создание новых типов биоматериалов для трансплантологии и медицины

Приоритетные научно-исследовательские проекты ФНМ МГУ

1. Разработка сверхвысокоемких литий-воздушных аккумуляторов для транспорта и резервных энергетических систем



Литий-воздушные аккумуляторы являются новым перспективным поколением химических источников тока, использующих в качестве потенциалообразующей реакцию окисления кислородом воздуха металлического лития, реализуемую путем ионного обмена через слой неводного литийсодержащего электролита и реакции восстановления кислорода на внешней пористой мембране, содержащей «катализатор» процесса восстановления и проводящий компонент композита, необходимый для обеспечения эффективной

передачи заряда по поверхности внешней мембраны. При развитии данного направления планируется использовать в качестве электрокатализаторов анизотропные нанокристаллические материалы и исследовать с помощью комплекса современных методов физико-химического и структурного анализа эволюцию их структуры и микроструктуры на различных стадиях разрядки-зарядки химических источников тока. Полученные фундаментальные структурно-химические и электрохимические данные позволят создать модель протекающих процессов и найдут практические применения для дизайна наиболее эффективных на данный момент химических источников тока с емкостью до 3000 мАч/г, превышающих по емкости на порядок существующие коммерческие аналоги.

Перспективы использования данных уникальных химических источников тока чрезвычайно широки и они могут быть использованы в компьютерной и микропроцессорной технике, автотранспорте, как резервные (аварийные) источники тока и пр.

Основная фундаментальная цель развития данного направления - исследование эволюции структурно-химического состояния квазиодномерных наноматериалов на основе оксидов переходных элементов в процессе электрокаталитического восстановления кислорода и его влияния на функциональные свойства электрокатализатора. С практической точки зрения решение данной проблемы является основной задачей при разработке новых поколений вторичных химических источников тока (литий-воздушных аккумуляторов).

Задачи:

- разработка методик получения ряда оксидов переходных металлов заданной дисперсности в виде нитевидных кристаллов, нановискеров, нанолент, нанотубуленов, а также одномерных структур с комплексной морфологией для каталитических, электрокаталитических и электрохимических применений;

- разработка методов характеризации полученных материалов (химический состав, кристаллическая структура, свойства);

- тестовые эксперименты по каталитической и электрохимической активности, разработка конструкции, сборка и тестирование литий-воздушных ячеек, содержащих разработанные электрокатализаторы;

- выработка ключевых требований к структурным, морфологическим характеристикам и состоянию поверхности квазиодномерных структур, необходимых для функционирования в составе химических источников тока с емкостью до 3000 мАч/г;

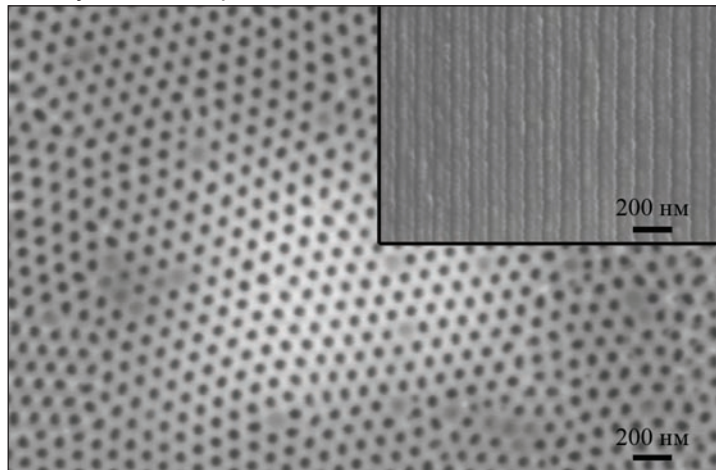
- создание модели взаимодействий, реализующихся при участии электрокатализатора в литий-воздушных батареях, выявление корреляций «состав – структура – свойства», направленных на повышение эффективности новых типов химических источников тока.

2. Создание селективных и каталитически активных металлоксидных мембран на основе пористых оксидных пленок

Многие современные химические и энергетические технологии предусматривают селективное разделение компонентов газовых и жидкостных смесей, а также разработку методов очистки от примесей (фильтрации). Мембранные процессы фильтрации и, в частности, ультрафильтрация и микрофильтрация являются сепарационными процессами, которые протекают под давлением с использованием пористых полимерных или неорганических материалов. Эти процессы

нашли широкое применение в различных отраслях промышленности для очистки или концентрирования жидких и газовых сред.

По сравнению с широко используемыми для этих целей в настоящее время полимерными мембранами керамические мембраны имеют ряд преимуществ, к которым можно отнести такие, как механическая, термическая, химическая и микробиологическая стабильности, высокая пропускная способность, сроки эксплуатации и др.



Микроструктура мембраны анодного оксида алюминия

Пленки пористых оксидов, в частности оксидов алюминия или титана, благодаря уникальной микроструктуре (прямые поры контролируемого диаметра) и высокой термической стабильности, могут быть идеальными подложками при создании мембранных материалов. Пленки пористых Al_2O_3 и TiO_2 могут выступать в качестве селективных газовых мембран, их также можно рекомендовать как основу для создания асимметричных мембран применимых в достаточно широком температурном интервале. Кроме того, возможность осаждения наночастиц металлов или оксидов металлов, а также высокая скорость диффузии газов в мезопорах, дают возможность использовать наноконпозиты на основе пористых матриц в качестве газопроточных катализаторов с контролируемой газоплотностью.

Указанные свойства вместе с возможностью варьирования диаметра пор открывают широкие перспективы дизайна селективных газовых мембран и создания асимметричных мембран работающих в широком температурном интервале. С другой стороны, упорядоченная структура однородных по размеру пор позволяет использовать пленки оксида алюминия в качестве размерно-селективных фильтров для очистки газов или жидкостей, а также для разделения коллоидных растворов наночастиц по размеру.

Цель проекта:

- создать эффективные неорганические химически стойкие мембраны с высокой газопроницаемостью;
- создать фильтры для очистки газов и жидкостей от нежелательных механических и химических примесей (в том числе, токсичных), превосходящие по эффективности существующие в настоящее время керамические мембраны в несколько раз;
- разработать новые технологии формирования катализаторов нового поколения, обладающих более высокой селективностью по сравнению с существующими порошковыми аналогами;
- разработать новые подходы, значительно удешевляющие технологии производства керамических мембран.

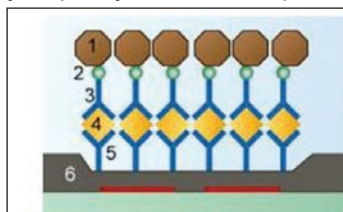
В первую очередь планируется решить следующие задачи:

- определить оптимальные условия формирования пленок пористого Al_2O_3 и TiO_2 с минимальной дисперсией пор по размеру;
- исследовать структуру пленок и механизм газопроницаемости мембран Al_2O_3 и TiO_2 с различным диаметром каналов;
- исследовать возможность применения пористых пленок Al_2O_3 и TiO_2 в качестве селективных газовых и жидкостных мембран, а также в качестве размерселективных фильтров для очистки газов;
- разработать методы модификации внутренней поверхности пор наночастицами различных металлов и оксидов металлов и исследовать процессы формирования наночастиц в каналах пористых пленок оксидов алюминия и титана;
- исследовать влияние морфологии формируемых наночастиц на структурночувствительные каталитические свойства наноконпозитов Me/Al_2O_3 , Me/TiO_2 ($Me = Au, Ag, Pt, Cu, Fe, Co, Ni$) и MeO_x/Al_2O_3 , MeO_x/TiO_2 ($Me = Zn, V, Fe, Cu, Cr$);
- исследовать возможности применения наноконпозитов на основе пористых пленок Al_2O_3 и TiO_2 в качестве проточных мембран в газовом и жидкостном гетерогенном катализе (в модельных реакциях окисления CO, метанола, фотокаталитических реакциях разложения метилоранжа и фенола);
- исследовать применимость мембран Pd/Al_2O_3 , Pd/TiO_2 , Pt/Al_2O_3 и Pt/TiO_2 в качестве катализаторов топливных элементов для очистки водорода от примесей.

3. Анализ резонансных процессов переноса энергии в сопряженных нанобиосистемах для разработки новых оптических сенсоров и сенсibilизаторов солнечных батарей

Фундаментальная цель, на достижение которой направлена работа - получение и комплексный анализ новых типов конъюгатов «наночастица – биополимер» с контролируемыми характеристиками процессов переноса энергии между неорганическим и биологическим компонентами. Фундаментальной задачей проекта является исследование «эффектов близости» и энергетического взаимодействия наночастиц металлов, обладающих плазмонным резонансом, и полупроводниковых квантовых точек с функциональными структурами живых интактных клеток, а также белками фотосинтетических реакционных центров модельных биологических систем.

Развитие данного направления непосредственным образом связано с созданием новых технологий получения наночастиц разных классов с использованием современных методов синтеза наноматериалов (золь-гель метод, криохимическая технология, пиролиз ультразвуковых аэрозолей, кристаллизация из



Принципиальная схема биосенсора:
1 - магнитная наночастица;
2,3 - конъюгат;
4 - белок-мишень;
5 - антитела;
6 - подложка-магнетосенсор.

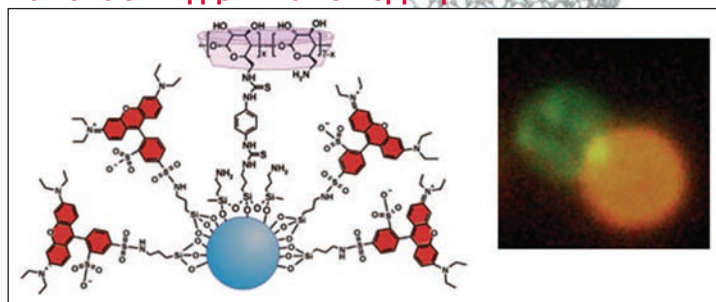
раствора в расплаве, гидротермальная обработка, синтез с использованием микроэмульсий и жидкокристаллических матриц). Разработка эффективных методик конъюгации наночастиц и биологических объектов, в том числе наночастиц золота,

серебра и биомолекул в составе живых интактных эритроцитов, нейронов, нервных волокон и липосом, стабильных конъюгатов из квантовых точек и белков фотосинтетических реакционных центров, комплексов из молекул РЦ и мезопористых полупроводников будет сопровождаться комплексным, в том числе спектроскопическим исследованием процессов переноса энергии в нанобиоконъюгатах.

Задачи проекта:

- создание новых поколений биосенсоров для ранней диагностики заболеваний и патологий;
- развитие новых подходов в альтернативной энергетике;
- развитие элементной базы фотоники как перспективной альтернативы современной микроэлектронике для супервычислителей, нейронных сетей, аналоговых компьютеров;
- выявление принципов распознавания (когнитивности и комплиментарности) биологических и неорганических объектов;
- установление закономерностей формирования супрамолекулярных комплексов и гибридных органо-неорганических компонентов - новых полифункциональных материалов для сопряжения живых и неживых систем (нейроинтерфейса, иммуномодуляторов и пр.);
- подготовка междисциплинарных научных кадров высшей категории для проведения исследований в наиболее перспективных областях нанобиотехнологий.

4. Синтез и исследование новых типов бифункциональных композитных наночастиц для наномедицины



Современная медицина остро нуждается как в неинвазивных методах комплексной диагностики различных заболеваний, так и в разработке высокоэффективных методов программируемой доставки лекарств непосредственно к диагностированному больному органу. Это позволяет значительно увеличить эффективность лечения, снизить дозировки применяемых препаратов, а также использовать препараты с противопоказаниями больному, что, в противном случае, ограничивает применимость лекарственных средств. В качестве примера новых «умных» подходов можно назвать разработку сложных структурированных наноразмерных капсул (или частиц), которые направленным образом достигают очага поражения (заболевания), не вызывая при этом реакции иммунной системы организма, и за счет своего внутреннего содержимого, доставленного к целевой клетке или определенной области пораженного органа, вызывают положительный терапевтический эффект.

Не так давно был создан новый класс наночастиц с ярко выраженным пространственным градиентом функциональных (электрических, магнитных, оптических, поверхностных) свойств, которые получили название «двуликих» частиц или частиц-янусов (Janus parti-

cles). Обычно они представляют собой своеобразный нанокompозит «полимер-полимер» или, что чаще, «полимер – неорганические наночастицы». Особый интерес частицы-янусы представляют с точки зрения уникальной возможности дальнейшей индивидуальной химической модификации их отдельных частей, что резко расширяет область их практического использования, в частности для доставки лекарств, медицинской визуализации пораженных органов, фотодинамической и магнитотермической терапии онкологических заболеваний и пр.

Создание новых типов бифункциональных композитных наночастиц для наномедицины и является основной целью проекта.

В работе планируется рассмотреть следующие задачи:

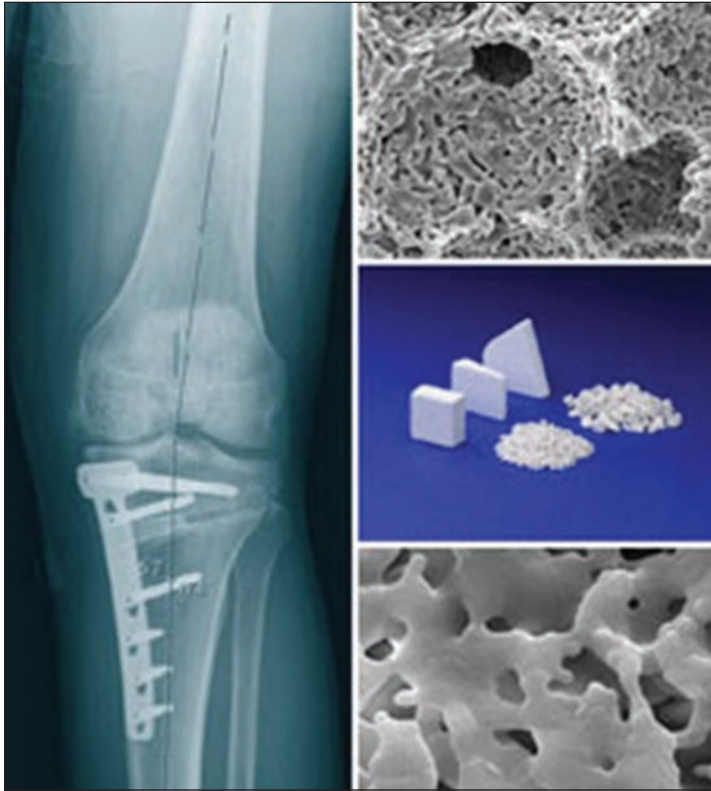
- разработать методы получения неорганических наноматериалов-предшественников с заданными свойствами, содержащих оптимальную для сопряжения с полимерами концентрацию поверхностно-модифицированных наночастиц проводников (золота, серебра), магнитных материалов ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), полупроводников (квантовых точек на основе халькогенидов кадмия);
- исследовать влияние метода получения на химический и фазовый состав, размер и микроморфологию частиц;
- определить оптимальные условия и разработать эффективные методики конъюгации наночастиц и полимеров (полимерных капсул), найти эффективные методы контроля размера, морфологии и сорбционных свойств биосовместимых микро- и наночастиц; получить частицы (капсулы) с включенными лекарственными веществами и с биопротектирующим покрытием;
- исследовать возможность использования бифункциональных наночастиц для векторной доставки лекарств и медицинской визуализации, оценить их биологические и функциональные свойства на лабораторных животных и/или клеточных культурах;
- исследовать эволюцию наноструктур и процессов переноса энергии в ансамблях бифункциональных наночастиц под влиянием внешних воздействий (электромагнитного излучения, электрических и магнитных полей).

5. Создание новых типов биоматериалов для трансплантологии и медицины

Трансплантационная хирургия в мире развивается настолько быстро, что число различных пересадок органов и тканей достигло 40 тысяч в год, и в ближайшие десятилетия будет составлять 50% всех операций. Исследования, разработка и производство биокерамических материалов для восстановления утраченной костной ткани составляют существенный сегмент современного рынка наукоемких технологий. Исходя из имеющейся сегодня оценки рынка биокерамики (емкость около 2,3 млрд. долл., прогнозируемый годовой прирост – 7-12%) объемы требуемых материалов достигают десятков тонн. В связи с этим направление по созданию новых типов биоматериалов для трансплантологии и медицины является весьма важным и актуальным и основной целью данного проекта является разработка новых методов получения биосовместимых материалов с заданным химическим составом и микроструктурой.

В рамках развития направления планируется решение следующих задач:

- разработка новых методов получения



биосовместимой керамики с заданным химическим составом, контролируемой микроструктурой и механическими свойствами, получение новых типов биоцементов и органо-неорганических биоматериалов;

- комплексное исследование процессов формирования и структурных особенностей биоматериалов;
- изучение поведения полученных биоматериалов *in vivo* и *in vitro*;
- использование полученных биоматериалов для доклинических испытаний (на лабораторных животных) и при клинических испытаниях для лечения костных дефектов у пациентов с онкологическими заболеваниями.

6. Материалы для систем хранения информации со сверхвысокой плотностью записи на основе нанокompозитов

Синтез пространственно-упорядоченных массивов магнитных нанонитей без применения литографии открывает новые перспективы использования этих наносистем в качестве устройств со сверхвысокой плотностью записи информации, сенсоров, а также для их применения в биологии и биомедицине.

Дальнейшее увеличение плотности записи информации требует создания принципиально новых магнитных материалов с высокой намагниченностью, достаточно высокой коэрцитивной силой и подходящими магнитными характеристиками для записывающих устройств и считывающих головок.

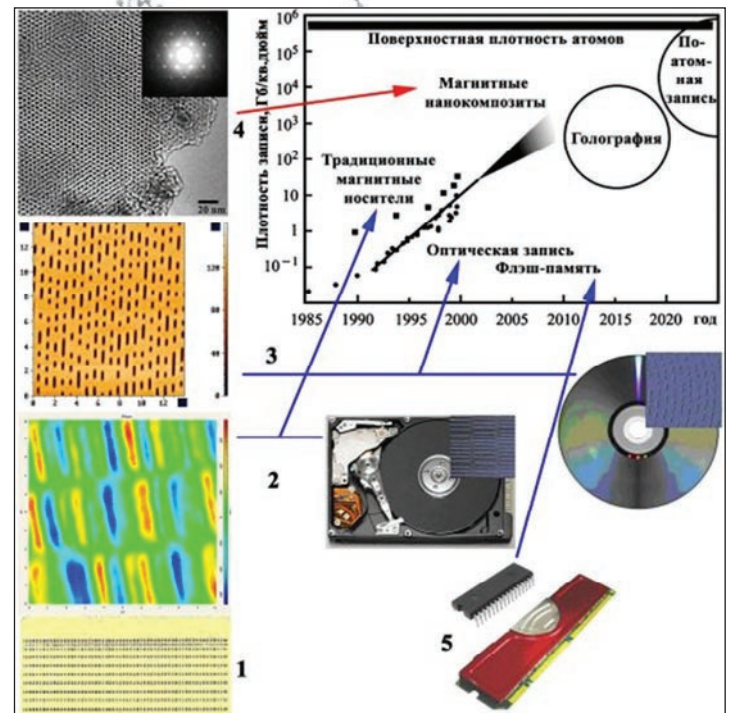
С технологической точки зрения наиболее перспективными материалами для устройств хранения информации являются пространственно упорядоченные наноструктуры и нанокompозиты.

Использование наноструктур в качестве магнитных материалов требует жесткого "закрепления" наночастиц. Для решения этой проблемы наиболее широко применяется подход, связанный с получением наночастиц, заключенных в химически инертную матрицу. Такой прием также позволяет избежать агрегации наночастиц и защитить их от внешних воздействий, что

существенно облегчает практическое применение таких наноматериалов. Методы матричной изоляции могут быть разделены на две группы: это синтез свободных наночастиц с последующим внедрением в матрицу, и прямое формирование наноструктур в структурных полостях или системах пор пористого материала с использованием химической модификации. Вторая группа методов позволяет точно контролировать анизотропию формируемых наночастиц. При этом структурные полости матрицы ограничивают реакционную зону внедряемого вещества в ходе химической модификации и служат как твердотельные нанореакторы. Следует ожидать, что размер и форма наночастиц, формируемых внутри таких нанореакторов, будет соответствовать размерам пористой системы.

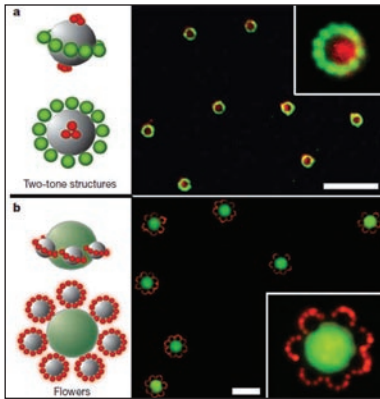
Твердофазные нанореакторы (цеолиты, мезопористые молекулярные сита или пористый оксид алюминия) открывают широкие возможности для формирования наноструктур с контролируемой анизотропией. Так, наши предварительные эксперименты по использованию мезопористого оксида кремния в качестве нанореактора показывают возможность контроля анизотропии наночастиц железа разложением его комплексов с последующей кристаллизацией в матрице МСМ-41.

Таким образом, цель проекта - разработка новых процессов направленного получения магнитных нанокompозитных материалов с заданными физико-химическими свойствами, требуемых для создания устройств со сверхвысокой записью информации, на основе мезопористых матриц с упорядоченной структурой пор.



7. Синтез ансамблей монодоменных наночастиц высокоанизотропных ферритов для создания на их базе функциональных магнитоактивных материалов для электроники, медицины и техники

Магнитные наночастицы размером имеют большой потенциал практического применения. Частицы размерами в единицы-десятки нанометров могут проявлять суперпарамагнитные свойства и имеют перспективы использования в медицине: для доставки лекарств, гипертермии злокачественных опухолей,



магнитной диагностики, а также в технике в качестве магнитных жидкостей для невытекающих смазок, жидких уплотнителей. В частности, для гипертермии желателно использовать как можно меньшие частицы, в то же время характеризующиеся высокими тепловыделением в переменном магнитном поле. Недавно

установлено, что лучшими свойствами в этом плане обладают высокоанизотропные магнетики.

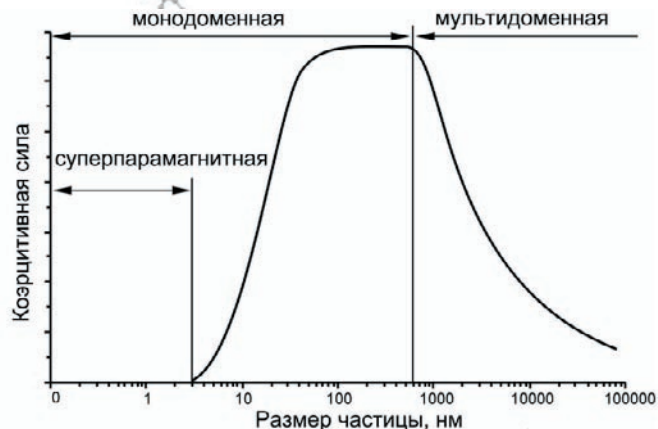
Увеличение размера и (или) магнитной анизотропии исходно суперпарамагнитных наночастиц приводит к появлению в них коэрцитивной силы, которая может достигать особенно больших величин для высокоанизотропных магнетиков. Среди оксидных соединений к наиболее магнитно анизотропным относятся гексаферриты М-типа. Меньшей, но достаточно высокой величиной магнитокристаллической анизотропии обладает феррит кобальта. Эти ферриты, несколько уступая по магнитным свойствам высококоэрцитивным интерметаллидам, имеют существенное преимущество, обусловленное химической инертностью и дешевизной.

Возможность широкого варьирования коэрцитивной силы для таких магнетиков путем изменения размера, формы, состава частицы весьма привлекательна, так как расширяет область потенциальных применений, включая сверплотную магнитную запись, микро- и наноэлектромеханические системы, микроволновые материалы. Магнитные наночастицы можно переводить в коллоидные растворы, свойства которых определяются величиной коэрцитивной силы, что приводит к ассоциации частиц, образованию различных пространственных структур, в том числе под действием магнитного поля. Например, недавно сообщалось о получении раствора, цвет которого изменяется под действием магнитного поля за счет ассоциации наночастиц.

Проект направлен на разработку методов получения и изучение ансамблей монодоменных нанокристаллов высокоанизотропных ферритов с контролируемой морфологией, на определение способов управления магнитными свойствами таких частиц и установление вариантов их структурной организации в жидких и твердых матрицах.

В задачи проекта входят:

- синтез неагрегированных наночастиц ферритов методом кристаллизации оксидных стекол;
- введение ансамблей наночастиц с определенным



размером и формой в состав коллоидных растворов, пленок и композиционных материалов; модификация поверхности наночастиц с целью воздействия на их магнитные свойства и устойчивость в растворах;

- изучение пространственной организации частиц в растворах и твердых матрицах, в том числе под действием магнитного поля; установление взаимосвязей между химическим составом, морфологией, характером поверхности, способом пространственной организации наночастиц и их функциональными свойствами.

Ожидаемые результаты помогут заполнить существующий пробел в знаниях по свойствам наночастиц магнитотвердых ферритов, которые, в отличие от более изученных наночастиц магнитомягких веществ, могут характеризоваться существенно большим диапазоном коэрцитивной силы, изменяющейся от нуля в суперпарамагнитном состоянии до нескольких тысяч эрстед в магнитотвердом.

8. Элементы наноэлектроники на основе интеркалированных одностенных углеродных нанотрубок

Наноконпозиты на основе углеродных нанотрубок являются высокоэффективными функциональными элементами приборов нового поколения и новых нанотехнологий. Одним из перспективных направлений применения материалов на основе углеродных НТ является их использование в качестве элементов транзисторов нового поколения. Актуальность создания электронных устройств на основе одностенных углеродных нанотрубок (ОСУНТ) обусловлена всеобщей тенденцией миниатюризации и ограниченностью подходов нанолитографии для формирования элементов микросхем размером <10 нм.

В зависимости от структуры углеродные НТ могут проявлять как металлические, так и полупроводниковые свойства. Наибольший интерес представляет подход, основанный на переходе металл-полупроводник в пределах одной углеродной НТ, или создание p-n перехода в точке контакта двух углеродных НТ. Поскольку тип проводимости зависит от структуры НТ, для создания в НТ перехода p-n или металл-полупроводник необходимо изменение ее электронных свойств на определенном участке. Такое изменение возможно благодаря наличию дефектов в графеновом слое в виде 5- и 7-членных колец.

Создание электронных переходов в пределах одной нанотрубки возможно изменением ее электронных свойств путем внедрения во внутренний канал нанотрубки вещества, энергия Ферми которого лежит заметно выше или ниже уровня Ферми π-сопряженной системы орбиталей углеродной НТ. Внедрение материалов во внутренний канал возможно путем кристаллизации в нем этих материалов.

Однако работы с ОСУНТ сильно затруднены склонностью их к агрегации, а также трудностью манипулирования отдельными ОСУНТ. В связи с этим в рамках настоящего проекта предлагается осуществить принципиально новый подход, заключающийся в использовании наноконпозитов ОСУНТ@пироуглеродное покрытие. В отличие от ОСУНТ наноконпозиты достигают 3-5 мкм в длину, что на два порядка превышает длину ОСУНТ. Они не агрегируют, а присутствие аморфного слоя облегчает

визуализацию с помощью РЭМ и манипулирование. При этом физические свойства ОСУНТ остаются неизменными. Кроме того, дальнейшее селективное травление таких нанотрубок в атмосфере кислорода позволяет "снять" пироуглеродное покрытие и уменьшить диаметр трубки до ~2 нм. Аналогов таких композитов в мире не существует.

В связи с этим цель проекта формулируется как:

разработка методов прецизионного контроля электронной структуры и транспортных свойств углеродных нанотрубок с помощью интеркаляции различных неорганических соединений во внутренние каналы ОСНТ и создание элементной базы для полевых транзисторов на основе единичных углеродных нанотрубок.

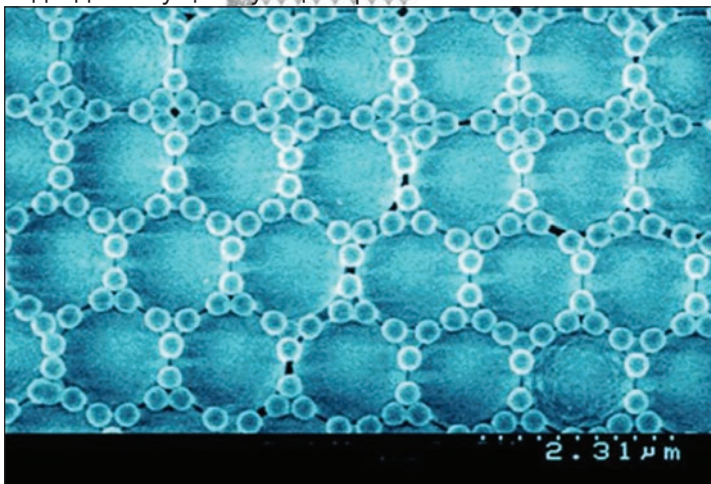
В рамках работы предполагается:

- разработать методы синтеза и очистки одностенных углеродных нанотрубок и одностенных углеродных нанотрубок модифицированных пироуглеродным покрытием с различной длиной и диаметром канала;

- разработать общие подходы к заполнению ОСНТ различными соединениями и способы кристаллизации неорганических соединений во внутренних каналах ОСУНТ;

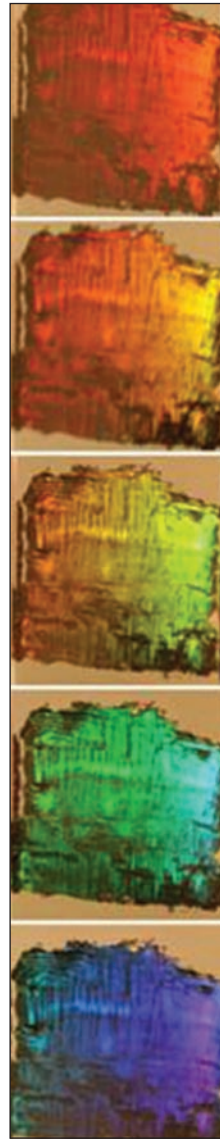
- установить влияние химического состава и электронных свойств внедренных соединений на электронные свойства нанокompозитов;

- определить возможности формирования функциональных элементов нанoeлектроники (диодов и полевых транзисторов) на основе ОСУНТ с внедренными в их внутренний канал различными соединениями и разработать способы интегрирования предложенных подходов с существующей кремниевой технологией.



9. Разработка новых материалов для фотоники

На протяжении последнего десятилетия значительные усилия исследователей направлены на создание и изучение фотоннокристаллических материалов, структура которых определяется пространственным упорядочением элементов, имеющих масштаб порядка длины волны света. Это связано с проявлением в рассматриваемых системах уникальных оптических свойств, связанных с дифракционными явлениями на высокоупорядоченной структуре. Фотонные кристаллы часто рассматриваются в качестве оптических аналогов электронных полупроводников, а значит, могут являться основой создания новых приборов квантовой электроники и телекоммуникационной индустрии. Такие материалы уже находят практическое применение в качестве фильтров,



сверхбыстрых переключателей, усилителей, высокоэффективных излучателей, работающих в широком диапазоне энергий (начиная от радиоволн и заканчивая УФ областью спектра).

В последнее время наблюдается ярко выраженная тенденция переноса основного акцента исследований на получение фотонных материалов с комбинированными оптическими и, например, магнитными, полупроводниковыми, люминесцентными, электрохромными, сегнетоэлектрическими и др. свойствами. Подобный подход может привести к созданию материалов, не имеющих в настоящее время аналогов, ввиду возможности как прямой, так и обратной связи оптических свойств фотонных кристаллов с функциональными свойствами внедренного вещества.

Одним из перспективных направлений в данной области является синтез магнитных (металлических и неметаллических) инвертированных опалов. Прогрессивным методом изготовления металлических инвертированных опалов, позволяющим получать образцы макроскопических размеров с высоким качеством структуры, является электрохимическое осаждение 3d-металлов в поры опалового темплата. С другой стороны, прозрачные неметаллические магнитные инвертированные опалы (например, из железоиттриевого граната) могут обладать наибольшими магнитооптическими коэффициентами, обеспечивая тем самым эффективность управления магнитными потоками с помощью магнитного поля. Особый интерес вызывает возможность изготовления инвертированных опалов из соединений со свойствами мультиферроика (например, BiFeO_3 , сочетающего свойства антиферромагнетика и сегнетоэлектрика), управление которыми может осуществляться как с помощью магнитного, так и электрического полей.

В направлении люминесцентных фотонных кристаллов принципиально новые разработки могут быть связаны с созданием фотоннокристаллических материалов, свойства которых обусловлены периодической модуляцией в пространстве мнимой части коэффициента преломления. Подобные материалы могут быть созданы путем введения в опаловые или иные фотоннокристаллические темплаты центров поглощения света, после чего поры темплата должны быть заполнены веществом, обеспечивающим выравнивание действительной части коэффициента преломления. Обладая высокой прозрачностью в условиях насыщения возбуждения, данные материалы могут служить эффективными и сверхбыстрыми оптическими переключателями и рабочими телами для низкопороговых лазеров будущего.

Наконец, с помощью опалов, изготовленных из материалов, чувствительных к влаге и другим компонентам газовой среды, можно изготавливать высокоэффективные сенсоры и газовые датчики.

Поскольку дефекты (вакансии, дислокации, границы кристаллитов, дефекты упаковки, макротрещины и др.) сильно влияют на свойства фотоннокристаллических материалов необходимы эффективные, неразрушающие (в первую очередь, дифракционные) методы их обнаружения, позволяющие получать количественную информацию о структуре изучаемых образцов.

Проект нацелен на получение материалов со структурой инвертированного опала, обладающих комбинированными (оптическими, магнитными, люминесцентными, сегнетоэлектрическими и др.) свойствами. Его новизна и перспективность реализации определяется, как отмечено выше, следующими факторами - отсутствием в настоящее время прозрачных магнитных материалов со структурой инвертированного опала и технологий их получения и высоким качеством структуры металлических инвертированных опалов, получаемых методом электроосаждения магнитных металлов в поры опаловых темплатов. Основная цель исследований формулируется как разработка методов формирования фотонных кристаллов с корреляцией магнитных, оптических и транспортных свойств для создания активных сред и устройств управления световыми потоками.

Реализация данной цели требует последовательного решения таких задач, как:

- разработка надежного и высоко контролируемого метода формирования трехмерных пространственно-упорядоченных шаблонов с регулируемой периодичностью, структурой и геометрией пустот и строго периодическим расположением наночастиц на большой площади (не менее 1 см²) на проводящих и непроводящих подложках;

разработка метода получения магнитных фотонных кристаллов путем электрокристаллизации металлов и сплавов в матрицах;

- разработка методов получения магнитных фотонных кристаллов из различных материалов

(металлических, прозрачных диэлектрических и со свойствами мультитеффероица);

- разработка методов получения новых фотоннокристаллических материалов, свойства которых обусловлены периодической модуляцией в пространстве мнимой части коэффициента преломления;

- разработка метода количественного анализа структуры и дефектов в пространственно-упорядоченных наносистемах на основе данных малоугловой дифракции с помощью трехмерной реконструкции обратного пространства;

- установление корреляций магнитных, оптических, люминесцентных и транспортных свойств магнитных фотонных кристаллов;

- создание активных сред на основе магнитных фотонных кристаллов для устройств управления световыми потоками.

Успешному решению научно-образовательных программ, предусмотренных планами развития Факультета наук о материалах МГУ, будет способствовать тесная кооперация с такими ведущими организациями страны, как химический, физический и биологический факультеты МГУ, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербургский физико-технический научно-образовательный центр РАН, ИФХЭ РАН, ИОНХ РАН, ИНХС РАН, ИМЕТ РАН, Государственный научный центр социальной и судебной психиатрии им. В. П. Сербского, РОНЦ РАМН им. Н.Н. Блохина, Нанотехнологическое общество России др. Предполагается также создание совместных проблемных лабораторий с ведущими компаниями (группа ОНЭКСИМ, РОСНАНО, Байер и др.).

ФНМ. Зимняя сессия: два взгляда на одно событие





Таблица 1. Прием 2008 и 2009 годов на ФНМ

Основные характеристики	Прием 2008 года	Прием 2009 года
Конкурс, чел./место	4,6	5,76
Проходной балл	270 из 400 (68%)	313 из 400 (78%)
Число принятых на 1 курс	25	26 + 1 (акад.отпуск)
Вступительные испытания	Математика – экзамен Химия/физика (по выбору) – экзамен Математика - ЕГЭ Русский язык - ЕГЭ	Математика – ЕГЭ Физика – ЕГЭ Химия – ЕГЭ Русский язык - ЕГЭ
Принято без вступительных испытаний	2 призера Всероссийской олимпиады школьников 8 медалистов, имеющих 100 баллов по математике (зачет олимпиад)	7 (в том числе 2 призера Всероссийской олимпиады школьников)
Льготы (зачет олимпиад)	19	24
Без льгот (в т.ч. контрактники)	6	2
Диапазон суммы баллов ЕГЭ	152 – 168 (76 – 84 %)	277 – 383 (69 – 96 %)
Число выпускников СУНЦ, зачисленных на 1 курс	СУНЦ МГУ – 2	СУНЦ МГУ – 4 СУНЦ НГУ – 3
Девушки/юноши	6/19	13/13
С общежитием/без общежития	22/3	21/5

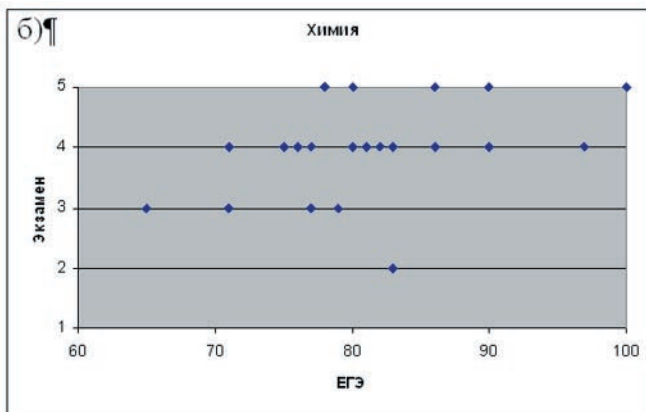
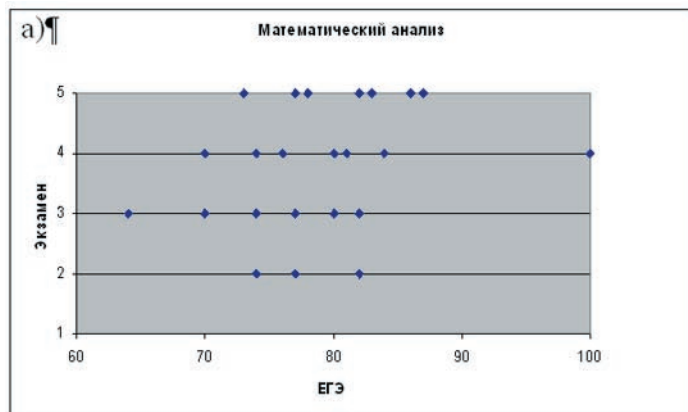
В сентябрьском номере (№ 37) «Нанометр» рассказывал о новом наборе студентов на 1 курс Факультета наук о материалах (ФНМ). Завершилась первая сессия, и начался новый семестр. Можно подвести первые итоги обучения студентов-первокурсников. В этой заметке мы будем сравнивать два набора студентов: прошлого 2008/2009 учебного года и нынешнего 2009/2010. Такое сравнение оправдано, поскольку именно для этих абитуриентов в МГУ начали учитываться (в разной мере) результаты Единого государственного экзамена (ЕГЭ).

В таблице 1 приведены основные характеристики приемных кампаний 2008 и 2009 годов на ФНМ.

Основные различия между двумя приемными кампаниями состоят в следующем:

- более высокий конкурс и, соответственно, проходной балл в 2009 г
- полное отсутствие экзаменов в 2009 г и опора лишь на результаты ЕГЭ и дипломы олимпиад школьников
- больший набор засчитываемых олимпиад в 2009 г, в частности, впервые засчитывались результаты олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в будущее!»
- высокое звание призера олимпиады, как правило, подтверждалось абитуриентами в 2009 г дипломами других олимпиад по тому же предмету.

В СМИ, а также в исследованиях других факультетов МГУ и других вузов, часто ставится под сомнение, что



а - Соответствие между оценкой ЕГЭ по математике и результатом экзамена по «Математическому анализу» (коэффициент корреляции 0.26) и б - соответствие между результатами ЕГЭ по химии и результатом экзамена по «Общей химии и химии элементов» (коэффициент корреляции 0.49)

Таблица 2. Результаты зимней сессии на 1 курсе

Предметы \ Оценки	Набор 2008 года				Набор 2009 года			
	«5»	«4»	«3»	«2» и недопуск	«5»	«4»	«3»	«2» и недопуск
Математический анализ	3 (12%)	5 (20%)	11 (44%)	5 (24%)	7 (26%)	10 (37%)	6 (22%)	4 (15%)
Высшая алгебра и аналитическая геометрия	5 (24%)	11 (44%)	6 (24%)	3 (12%)	7 (26%)	12 (44%)	7 (26%)	1 (4%)
Общая химия и химия элементов	0 (0%)	19 (76%)	3 (12%)	3 (12%)	6 (22%)	15 (55%)	5 (19%)	1 (4%)

Таблица 3. Затраты времени в часах в неделю на освоение учебных дисциплин (в числителе подготовка домашнего задания, в знаменателе – иные виды самостоятельной работы)

	Математический анализ	Высшая алгебра и аналитическая геометрия	Общая химия и химия элементов	История
Набор 2008	6.9/5.5	1.6/1.0	2.9/3.0	0.1/0.2
Набор 2009	6.3/7.8	2.4/4.1	3.2/5.2	0.5/0.9

существующие задания ЕГЭ являются адекватной оценкой знаний поступающих и их способностей к обучению. Мы попытались проанализировать соответствие между оценкой ЕГЭ и оценкой, полученной в период экзаменационной сессии, по математике («Математический анализ» в сессию), и подобным же образом для химии («Общая химия и химия элементов»). На рисунках а) и б) представлены соответствующие результаты. Очевидно, что явная корреляция между соответствующими оценками отсутствует. Результаты же экзаменов по «Математическому анализу» и «Общей химии и химии элементов» в сессию лучше соотносятся между собой (коэффициент корреляции 0.65), чем одноклассные ЕГЭ и экзамен.

В этой связи интереснее сравнить результаты сдачи зимней сессии по наиболее трудоемким предметам – «Математическому анализу», «Общей химии и химии элементов» и «Высшей алгебре и аналитической геометрии» для наборов 2008 и 2009 годов. При переходе от 2008 к 2009 году возросла роль ЕГЭ (но, как мы видели, эта оценка не слишком хорошо прогнозирует успешность обучения на факультете), с другой стороны усилились и основные критерии отбора (конкурс, проходной балл, степень участия в олимпиадах). Результаты сравнения

сведены в таблицу 2.

Обращает на себя внимание, что, во-первых, нынешние первокурсники демонстрируют более высокие показатели успеваемости, а, во-вторых, они одинаково успешны и в математике, и в химии. Таким образом, если «негативный эффект» ЕГЭ (переоценка знаний и навыков будущих студентов) и существует, то для набора 2009 г. на ФНМ МГУ он был в значительной степени «заслонен» возможностью зачета олимпиад школьников. Можно полагать, что это и был основной инструмент более тщательного отбора абитуриентов.

Обсуждая успеваемость по «Общей химии», следует отметить также и введенные в 2009 г. на основании опроса первокурсников (см. ниже) изменения в преподавании этой дисциплины: добавление 2 часов в неделю семинарских занятий, проведение семинаров в малых группах по 6-7 человек, усиленная (даже по сравнению с химическим факультетом) семинарская проработка отдельных тем, контроль выполнения домашних заданий. Эффект от изменения преподавания проявился довольно быстро, в виде результатов первой контрольной работы по материалам лекций, которые первокурсники ФНМ слушают в начале семестра вместе с их товарищами с химического и физико-химического факультетов МГУ.

Таблица 4. Предлагаемые студентами изменения часовых объемов отдельных блоков дисциплин

	Математика	Химия	Гуманитарные предметы
Увеличить число часов	2008 – 20% 2009 – 22%	2008 – 80% 2009 – 35%	2008 – 50% 2009 – 30%
Оставить в прежнем виде	2008 – 45% 2009 – 48%	2008 – 10% 2009 – 39%	2008 – 25% 2009 – 57%
Уменьшить число часов	2008 – 35% 2009 – 30%	2008 – 10% 2009 – 26%	2008 – 25% 2009 – 13%

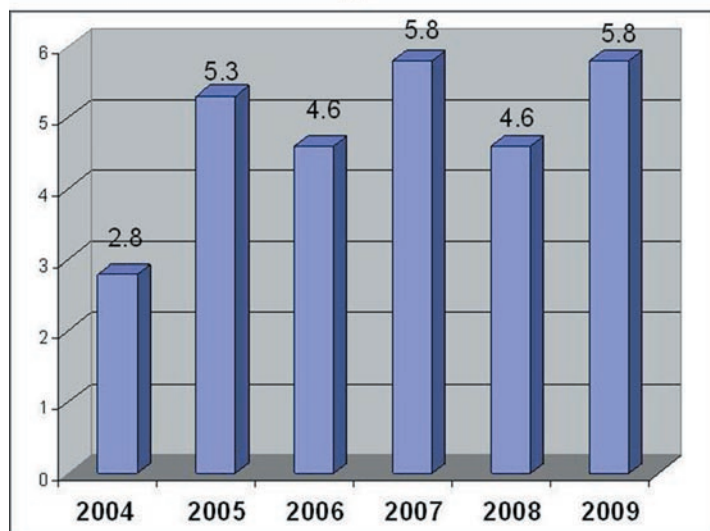
Если в 2008 году средний балл по контрольной составлял 11.4 из 25 (а максимальный балл 19 из 25), что отбросило ФНМ на предпоследнее место в списке учебных групп химического факультета, то в 2009 г. средний балл повысился до 17.6 (а максимальный балл действительно стал максимальным – 25). Это вывело ФНМ на 4 место в рейтинге учебных групп первокурсников, изучавших общую и неорганическую химию.

Описанное выше – взгляд преподавателей и руководства факультета на учебный процесс. Каким он видится глазами самих студентов? Здесь любопытно рассмотреть результаты анкетирования студентов 1 курса, которое проводится во 2 семестре. Студентов спрашивают о затратах времени на освоение учебных дисциплин и научную работу, об их видении оптимального объема дисциплин, возможном перераспределении времени между лекциями и семинарами. Таблица 3 дает представление о затратах времени на освоение некоторых учебных дисциплин.

Очевидно, что структура временных затрат практически не изменилась. «Математический анализ» как был, так и остается ахиллесовой пятой студента. Пропасть между школьными знаниями математики и требованиями университета столь велика, что на ее преодоление тратится не менее 12 часов в неделю, зачастую в ущерб другим дисциплинам и научной работе (на которую тратится в среднем от 4 до 6 часов). В целом, более высокая успеваемость нынешних первокурсников обусловлена и большим прилежанием: на все предметы они затрачивают больше времени, чем их товарищи год назад (пусть это даже в отдельных случаях лишь намерения). К сожалению, детальный подсчет аудиторных и внеаудиторных часов показывает, что свободного времени практически не остается. В комментариях к анкетам более 50% студентов жалуются на перегруженность и нехватку свободного времени. Руководству факультета предстоит решить эту проблему.

Изменения «пристрастий» студентов в 2009 году в отношении химии и гуманитарных дисциплин объяснимы: анализ анкет 2008 г. привел к изменению преподавания химии и английского языка (именно его преподавание предлагалось усилить в рамках гуманитарного блока в 2008 г.). Существующий на сегодня баланс между отдельными блоками, по-видимому, близок к оптимальному. Обсуждая же возможность перераспределения часов между лекциями и семинарами, студенты совершенно явно высказали предпочтение семинарской форме аудиторной работы против лекционной, причем семинар они понимают

Конкурс на ФНМ



в ключе практикума, т.е. решение задач, а не разбор теории.

Завершим заметку тривиальным: учиться на ФНМ непросто, существуют проблемы освоения учебного плана, но есть и пути их решения, и есть намерения руководства не оставлять эти проблемы без внимания. Главное – желание самих студентов учиться. Приятно прочесть в анкете: «Огромное всем спасибо! Я очень рада, что учусь на ФНМ!» Пожелаем успехов первокурсникам: в этом семестре помимо математики и химии им предстоит «погрузиться» в физику и защитить курсовую работу. Успехов и набору-2008, нынешним второкурсникам. На самом деле, они уже давно справились с представленными в заметке проблемами по математике и общей химии, и их ждут совсем иные вершины; но об этом в другой раз. Удачи вам, ребята!

В.И. Путьяев, зам.декана ФНМ по учебной работе

Р.Б. Васильев, отв.секретарь приемной комиссии ФНМ

О.А. Брылев, куратор 1 курса, преподаватель «Общей химии и химии элементов»

НАНОМЕТР: 119992, Москва, Ленинские Горы, ФНМ МГУ им. М.В.Ломоносова, тел. (495)-939-20-74, факс (495)-939-09-98, yudt@inorg.chem.msu.ru (акад. РАН Ю.Д.Третьяков, главный редактор), metlin@inorg.chem.msu.ru (в.н.с. Ю.Г.Метлин, отв. редактор), goodilin@inorg.chem.msu.ru (проф. Е.А.Гудилин, пресс-центр), petukhov@inorg.chem.msu.ru Д. И. Петухов (ст. ФНМ, верстка)