

**ОЛИМПИАДА**  
**«НАНОТЕХНОЛОГИИ – ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ» –**  
**НОВАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**  
**МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Еремин В.В.<sup>1</sup>, Гудилин Е.А.<sup>2</sup>, Еремина Е.А.<sup>1</sup>, Третьяков Ю.Д.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*

<sup>2</sup>*Факультет наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

**Традиционная система олимпиад и ее роль в современном мире**

Одно из главных достижений российского образования – система школьных естественнонаучных олимпиад. В области химии эта система работает с 1938 года, а в современном виде – с 1967 года, когда была проведена первая Всесоюзная олимпиада школьников по химии. Каждый год в химических олимпиадах разного уровня, начиная со школьного, участвуют около полумиллиона школьников. Такая разветвленная система позволяет решать важнейшие образовательные задачи:

- выявление и развитие у учащихся творческих способностей и интереса к научной деятельности;
- создание условий для поддержки и интеллектуального развития одарённых детей;
- пропаганда научных знаний;
- создание условия для реализации творческих возможностей лучших учащихся и педагогов.

Однако и эта замечательная система не лишена недостатков. Во-первых, это – хотя и творческое, но соревнование, поэтому зачастую научные интересы уступают спортивным, и законное желание заработать лишние баллы преобладает над стремлением найти интересное решение.

Во-вторых, олимпиады по химии, хотя и моделируют научную деятельность, развивают только один из видов одаренности, а именно – умение быстро и правильно решать четко поставленную задачу, для которой известен ответ. Однако, в природе не бывает четко поставленных задач – их надо искать и ставить перед собой, и еще неизвестно, будет ли у этой задачи ответ вообще. А этому традиционные олимпиады уже не учат. Современная научная деятельность сильно отличается от олимпиадной.

Кроме того, бурное развитие информационных технологий сильно изменило образ мышления людей и неизбежно повлияло на систему образования. Медиаресурсы и Интернет-технологии вошли в учебный процесс на всех уровнях – от школ до аспирантуры, постоянно расширяются возможности и области применения дистанционного образования, все большее количество учащихся получают свободный доступ к разнообразным источникам информации и через них – ко всем накопленным человечеством знаниям. В связи с этим встает важная задача – систематизировать источники информации и экстрагировать из них только ту научную информацию, которая оптимальным образом подходит для тех или иных категорий учащихся.

Другой стала и наука – она сильно отличается от той, какой была 100, 50 и даже всего 30 лет назад. Разумеется, законы природы остались такими же, однако коренным образом изменились способы представления и обработки научной информации. Благодаря этому в современной науке бывает трудно выделить отдельные научные дисциплины – химию, физику, математику, информатику или биологию. Физические методы исследования используются для установления структуры всех новых веществ и материалов, математические методы – для построения моделей химических реакций, анализа и обработки данных, статистического предсказания свойств еще не открытых молекул. Информатика создает оптимальные алгоритмы для всех компьютерных расчетов, биология предоставляет ученым-химикам интереснейшие объекты для исследования – живые системы.

Самым ярким проявлением междисциплинарного характера современной науки стали нанотехнологии. Под ними понимают совокупность методов и приемов, применяемых при изучении, проектировании, производстве и использовании структур, устройств и систем, включающих целенаправленный контроль и модификацию формы, размера, интеграции и взаимодействия составляющих их

наномасштабных элементов (1 – 100 нм) для получения объектов с новыми химическими, физическими, биологическими свойствами [1].

Нанотехнологии и связанные с ними области физики, химии и биологии – это самые актуальные в современном мире направления развития науки. В качестве примера приведем тот факт, что среди самых цитируемых за последние пять лет статей по физической химии 90% связаны с изучением нанообъектов и наноматериалов.

Новые открытия на наноуровне могут привести к широким технологическим изменениям в XXI веке. Основу этих изменений будут составлять образование и обучение ученых, инженеров и предпринимателей – людей, принимающих решения в области нанонауки и нанотехнологии. Образование и обучение в этой области принципиально отличается от того, какими они были в естественных науках в течение последних 200 лет. Главное отличие состоит в том, что вся нанонаука и ее технологические приложения всегда используют *междисциплинарные подходы*, причем в основе лежит баланс не только между химией, физикой, биологией и информатикой, но и между естественными и общественными науками.

Суммируя сказанное выше, можно утверждать, что Интернет и нанотехнологии – две передовые идеи, которые определяют развитие Человечества в 21 веке.

Для того, чтобы объединить эти идеи с лучшими достижениями российской системы предметных олимпиад, Московский государственный университет разработал новую образовательную программу, в основе которой – Интернет-олимпиада «Нанотехнологии – прорыв в будущее». Программа реализуется с 2006 г., а ее участниками являются практически все слои российского общества – школьники средних и старших классов, студенты, аспиранты, молодые ученые, преподаватели средней и высшей школы, а также все люди, интересующиеся достижениями современной науки и их влиянием на жизнь человечества.

Эта образовательная программа, посвященная нанонауке и нанотехнологиям, обладает следующими чертами:

- междисциплинарность – она объединяет химиков, физиков, математиков, биологов, исследователей в области медицины и техники;
- фундаментальность – в ее основе лежит базовое фундаментальное естественнонаучное образование;

- непрерывность – образовательные проекты, составляющие суть программы, рассчитаны на переход от школы к вузу и далее в научные исследования или практическую деятельность (технологии);
- широкая кооперация между учебными и научными учреждениями: МГУ и другими вузами, средними школами, институтами Академии наук.

### **Цели, задачи и основные направления Олимпиады**

Всероссийская интернет-олимпиада по нанотехнологиям проходит в Московском государственном университете с 2007 г. О популярности этого проекта свидетельствует быстрое увеличение числа участников – в 10 раз за 6 лет. Шестая по счету олимпиада, которая завершилась в конце марта 2012 года, собрала более 10 тысяч участников, из которых более 8 тысяч – школьники разных классов, от VII до XI. Олимпиаду организует в первую очередь факультет наук о материалах МГУ, в ней принимают участие также другие факультеты, включая химический, физический, биологический, механико-математический, факультеты фундаментальной медицины, биоинформатики и биоинженерии.

Целью Олимпиады являются повышение качества профессиональной подготовки кадров для nanoиндустрии, а также популяризация знаний в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий путем поиска и поддержки, профориентации и мотивации талантливой молодежи. Основной задачей выступает создание устойчиво функционирующей многолетней системы Интернет-олимпиад в области наносистем, наноматериалов и нанотехнологий, доступных для большого числа различных категорий участников и являющихся одной из важных форм просвещения, дистанционного образования и самообразования, формирования положительного общественного мнения и мотивации школьников и молодых исследователей к профессиональной деятельности в области наноматериалов и нанотехнологий.

Для школьников Олимпиада проводится по комплексу предметов «нанотехнологии» (химия, физика, математика, биология). Уровень задач очного теоретического тура для школьников соответствует или немного превышает уровень вступительных испытаний по соответствующим предметам (комплексу предметов). Задачи заочного тура составлены таким образом, чтобы мотивировать школьников на анализ информации по теме, позволяющей с использованием известных

им подходов и приемов самостоятельно довести задачу до решения. Приветствуются оригинальные решения, эвристически раскрывающие суть поднятых вопросов, специфику наносистем и наноматериалов.

Задания для студентов, аспирантов и молодых ученых составляются достаточно широко, подразумевая необходимость творческого поиска информации, включая оригинальные научные публикации, доступные в сети Интернет (в том числе, и на английском языке). Часть задач имеет определенный численный ответ, другая часть носит характер «самообучающихся» в силу специфики поставленных определенных вопросов, направляющих участника на выработку верного пути решения. Задачи основаны на логике и подходах, которые приняты при рассмотрении нанотехнологических проблем в области нанохимии, физики наносистем, наноматериалов, наномедицины и пр. Почти все задания имеют междисциплинарный характер и активно привлекают знания из нескольких смежных областей.

Задания творческого тура дают возможность участникам проявить свой личный подход и выразить индивидуальную точку зрения на ту или иную проблему, связанную с фундаментальными, инженерными или социальными аспектами нанотехнологий. В этом конкурсе возможны игровые элементы подачи и выполнения задания. При этом необходимо обеспечить ситуацию, при которой затрагиваются фундаментальные основы науки о наносистемах и наноматериалах. Участники имеют достаточно большую свободу выбора тем, что позволяет привлечь к этому конкурсу дополнительные контингенты участников, в том числе с гуманитарной подготовкой. Результаты выполнения творческого тура должны быть защищены в устной форме на очном туре.

С учетом периода регистрации основные мероприятия Олимпиады проходят с ноября по март, однако некоторые направления, например, Клуб участников Олимпиады функционируют на постоянной основе.

В настоящее время интернет-олимпиада «Нанотехнологии – прорыв в Будущее» входит в официальный реестр олимпиад школьников как *олимпиада первого уровня*, и по ее результатам победители могут поступить во многие вузы без экзаменов. В реестре олимпиад по химии есть еще только одна олимпиада первого уровня – это *Международная Менделеевская олимпиада*.

## Фундаментальный характер Олимпиады

Фундаментальность Олимпиады проявляется, в первую очередь, в том, что она охватывает практически все аспекты современной науки, посвященной изучению нано-объектов, и все основные направления нанотехнологий, существующие в мире. Перечислим основные научные направления и темы Олимпиады.

*«Нанохимия»:* строение и методы синтеза углеродных (нано)материалов, химия углеродных нанотрубок, наноалмазов, фуллеренов; кластеры, их строение и свойства, физическая химия поверхности, самособирающиеся слои, гетерогенный катализ, супрамолекулярная химия, вещества в ультрадисперсном состоянии, размерный эффект.

*«Нанопизика»:* квантово-размерные эффекты, электронная структура и магнитные свойства наноматериалов, нанофотоника, физические принципы современных методов анализа веществ в наносостоянии.

*«Функциональные наноматериалы»:* классификация наноматериалов и их основные типы, включая магнитные, оптические, гибридные, биоматериалы, нанокомпозиты, иерархическая структура материалов, микро и наноструктурированные материалы, одно- и двумерные наноматериалы, мембраны, сенсорные наноматериалы, наноионика, химические источники тока и суперконденсаторы, кристаллическая структура, микроструктура и микроморфология наноматериалов, самосборка и самоорганизация, общие и специфические методы получения наноматериалов, корреляции «состав – структура – микроструктура – свойства», методы анализа и применение наноматериалов.

*«Биология и наномедицина»:* элементы энзимологии, молекулярные машины и их функционирование, векторная доставка лекарств, контрастирующие агенты, нанотоксикология.

*«Альтернативная энергетика и экология»:* наноматериалы в солнечной энергетике, наноматериалы в водородной энергетике, топливные элементы, использование сорбентов и наноматериалов в экологии, фотокатализ.

*«Наноэлектроника»:* молекулярная электроника, квантовые компьютеры, создание базовых элементов наноэлектроники, наноустройства, обработка и хранение информации, логические элементы.

«*Экспериментально-практический тур*» основан на использовании следующих экспериментальных методов: сканирующая зондовая микроскопия, рентгенофазовый анализ, рентгенографический анализ, инфракрасная спектроскопия, люминесцентная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, динамическое светорассеяние, электронная микроскопия и локальный анализ химического состава, капиллярная адсорбция азота, определение площади поверхности и пористости.

Важная отличительная особенность Олимпиады состоит в том, что она включает не только традиционные туры, связанные с решением задач по основным школьным предметам, но также творческие конкурсы и конкурсы научных работ. Именно это позволяет считать Олимпиаду по нанотехнологиям олимпиадой современного типа. Тематика конкурсов позволяет эффективно и с пользой участвовать в Олимпиаде широкому слою общества – школьникам, студентам, аспирантам, молодым ученым, школьным учителям и преподавателям высшей школы, и даже участникам с гуманитарной подготовкой. Основные темы, которым были посвящены конкурсы последней Олимпиады – «Свет и оптика», «Зеленая химия, экология и медицина», «Альтернативные источники энергии», «Удивительный углерод», «Физика наномира», «Наноматериалы вокруг нас», «Социальные аспекты нанотехнологий».

### **Междисциплинарный характер Олимпиады**

Одна из важнейших отличительных черт образовательной программы «Нанотехнологии – прорыв в будущее» – ее принципиально междисциплинарный характер, что полностью отвечает свойствам нанонауки и нанотехнологий. Тематика заданий Олимпиады соответствует важнейшим направлениям фундаментальной физической и химической характеристики наносистем, получения и анализа функциональных и конструкционных наноматериалов, наномедицины, наноинженерии. В качестве примера мы приведем некоторые простые задачи из разных областей науки, предназначенные для школьников.

### **Задачи по нанохимии**

#### *Задача 1. «Старение» наночастиц золота*

Органические соединения нередко используются для стабилизации неорганических наночастиц, образуя на поверхности последних

защитный слой, препятствующий агрегации наночастиц, их окислению и протеканию других нежелательных химических реакций. Обычно для этой цели применяют различные тиолы, амины, фосфины, фосфиноксиды и другие вещества, содержащие атом с неподеленной парой электронов. Например, при восстановлении  $\text{HAuCl}_4$  борогидридом натрия в присутствии додецилтиола образуются наночастицы золота диаметром 3.9 нм, покрытые монослоем тиола. При стоянии на воздухе этот раствор постепенно «старееет». При этом средний диаметр наночастиц золота увеличивается до 6.2 нм.

1. Какая часть (в %) молекул додецилтиола при «старении» перейдет в раствор? В виде каких соединений они будут находиться в растворе?

Другой метод получения наночастиц золота заключается в восстановлении  $\text{NaAuCl}_4$  цитратом натрия (тринатриевой солью 3-гидрокси-3-карбоксопентандиовой кислоты) в присутствии 12-аминододецилтиола.

2. Напишите уравнения протекающих при этом реакций. Рассчитайте объем газа (н. у.), выделившегося при образовании 1 г наночастиц золота.

*Задача 2. Бакминстерфуллерен  $\text{C}_{60}$ : легендарная публикация*

TONATURE

NATURE VOL. 318 14 NOVEMBER 1985

**Fig. 1** A football (in the United States, a soccerball) on Texas grass. The  $\text{C}_{60}$  molecule featured in this letter is suggested to have the truncated icosahedral structure formed by replacing each vertex on the seams of such a ball by a carbon atom.

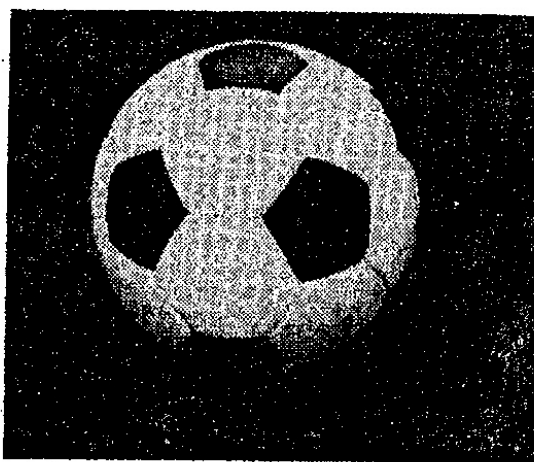


Рис.1. Фрагмент статьи, описывающей открытие фуллеренов

Перед вами рисунок из работы « $\text{C}_{60}$ : Бакминстерфуллерен», напечатанной в 318 томе журнале «Nature» за 1985 г. За эту работу



Г.Крото, Р.Кёрл и Р.Смолли в 1996 г. получили Нобелевскую премию по химии. Масс-спектр из их работы, доказывающий существование индивидуальных молекул  $C_{60}$  и  $C_{70}$ , приведен на рис. 2.

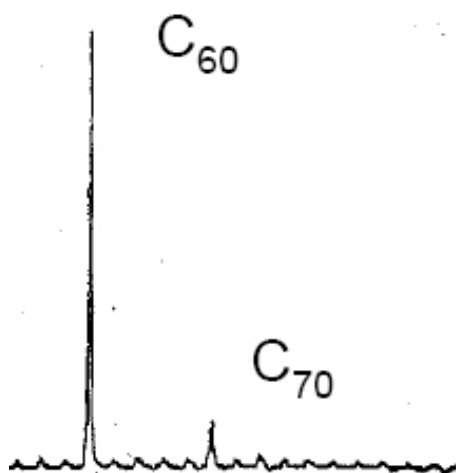


Рис.2. Масс-спектр, доказывающий образование молекул  $C_{60}$  и  $C_{70}$

Однако это – масс-спектр *низкого разрешения*.

1. В масс-спектре высокого разрешения можно обнаружить сигналы от изотопно-замещенных молекул. Сколько всего линий теоретически должен содержать масс-спектр  $C_{60}$ ?

2. Интенсивность линии в масс-спектре пропорциональна числу частиц данной массы. Рассчитайте отношение высоты пиков для двух самых интенсивных линий в масс-спектре  $C_{60}$ . Каково соотношение интенсивностей для самой легкой и самой тяжелой молекул  $C_{60}$ ?

3. Если бы в наномире в футбол играли бакминстерфуллереном, то с какого расстояния пробивался бы пенальти?

Для справки: 1) углерод имеет два стабильных изотопа,  $^{12}C$  (98.9%) и  $^{13}C$  (1.1%); 2) длина окружности футбольного мяча – 70 см, диаметр молекулы фуллерена – 0.7 нм.

### Задача 3. Нанотрубки для водородной энергетики

Водород считается самым перспективным синтетическим топливом: он – легкий, энергоемкий, достаточно доступный и экологический чистый: продукт его окисления – чистая вода.

1. Сравните удельные теплоты сгорания (кДж/г) водорода, углерода и углеводородов – метана и бензина ( $C_8H_{18}$ ). Продуктами сгорания считайте углекислый газ и жидкую воду. Необходимые

термодинамические данные найдите самостоятельно. Какое топливо наиболее энергоемко?

2. Максимально возможная полезная работа, совершаемая с помощью химической реакции, равна уменьшению энергии Гиббса реакции. Вычислите максимальную работу, совершаемую при сгорании 1 кг водорода электродвигателем, связанным с водородным топливным элементом. Какое расстояние может проехать за счет этой энергии автомобиль массой 1000 кг, если КПД электродвигателя равен 50%? Необходимые термодинамические данные найдите самостоятельно. Коэффициент трения примите равным 0.1.

На пути к широкому практическому использованию водорода в энергетике надо решить ряд глобальных технических проблем, главная из которых – компактное и безопасное хранение водорода.

Идеальное устройство для хранения водорода должно содержать большой процент водорода в небольшом объеме и легко отдавать его по мере необходимости. Было предложено несколько принципиально разных подходов к хранению водорода, один из которых основан на использовании углеродных материалов, в частности нанотрубок.

3. В каком бинарном химическом соединении массовая доля водорода максимальна? Чему она равна? Рассматриваются только наиболее распространенные изотопы элементов.

4. Один из механизмов поглощения водорода нанотрубками – хемосорбция, то есть адсорбция водорода  $H_2$  на поверхности трубки с последующей диссоциацией и образованием химических связей C–H. Чему равна максимально возможная массовая доля водорода в нанотрубках, которая может быть получена путем хемосорбции? Чему равна доля связанных с водородом атомов углерода, если массовая доля водорода составляет 6.5%?

### Задачи по математике

#### *Задача 1. Нанофутбол*

Фуллерен  $C_{60}$  похож на футбольный мяч. На его поверхности имеется 12 пятиугольных и 20 шестиугольных граней. Все грани – правильные многоугольники. В первом тайме нанофутболист Максим Графитняк три раза пробил мимо ворот противника. Какова вероятность того, что при двух ударах из трех бутса Максима стукнула по пятиугольнику? (Стороны и у шестиугольников, и у пятиугольников равны).

### Задача 2. Близорукий наноробот

Решётку графена, в которой один из атомов заменён на изотоп  $^{13}\text{C}$ , обрабатывает наноробот. За один ход он может перейти к одному из соседних атомов, после чего узнаёт, приблизился ли он к изотопу. Кроме того, он способен понять, изотоп ли он сейчас обрабатывает. Как ему найти изотоп не более, чем за (а) 2 000 000 шагов; (б) 1 000 015 шагов; (в) 1 000 006 шагов, если изначально изотоп находится в миллионе шагов от робота?

### Задача 3. Интерес к «нано»

Общественный интерес к новым технологиям обычно характеризуется коротким периодом бурного всплеска, за которым следует резкий спад с последующим пологим затяжным подъёмом.

В случае нанотехнологий зависимость общественного интереса от времени,  $f(t)$ , описывается функцией, график которой приведен на рисунке 3. Эта функция при  $t \leq 2000$  практически равна 0, а при  $t \geq 2012$  (по прогнозам) монотонно стремится к  $1/2$ . Максимум находится вблизи 2007 года.

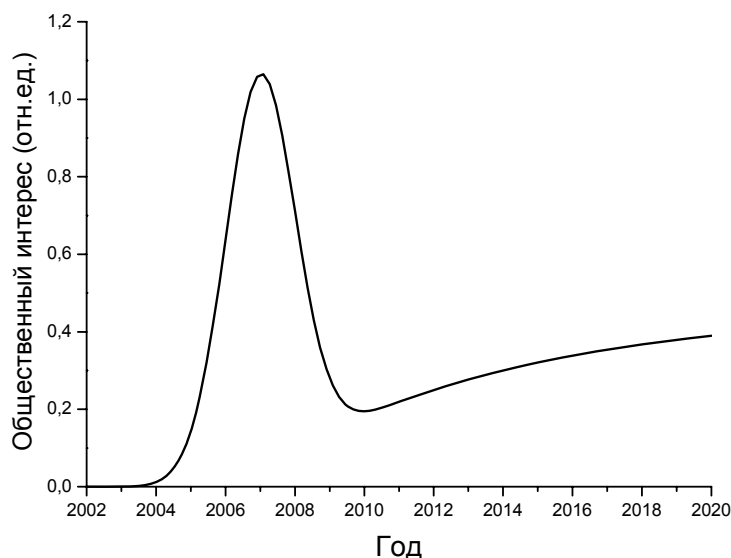


Рис.3. Динамика изменения общественного интереса к нанотехнологиям

Предложите аналитическое выражение для  $f(t)$ , качественно соответствующее графику и удовлетворяющее указанным граничным условиям.

### Задачи по нанофизике

### *Задача 1. Пьезоэлементы*

Одна из технологий струйной печати подразумевает выдавливание чернил из сопел помощью пьезоэлемента. Для повышения разрешения печати нужно уменьшать размер капли. Оценить модуль Юнга пьезоэлемента в печатающей головке струйного принтера, если размер сопел составляет 50 нм. Относительное удлинение пьезоэлектрика  $\varepsilon = 0,01\%$ , коэффициент поверхностного натяжения чернил  $50 \cdot 10^{-3}$  Н/м. Чернила считать смачивающими поверхность дюз.

### *Задача 2. Графан*

Двухмерный наноматериал «графан» представляет собой полностью гидрированную графитовую плоскость. Определите брутто-формулу графана. Графан предлагается использовать для хранения водорода. Важнейшая характеристика метода хранения – это отношение массы «сохраняемого водорода» к массе «контейнера». Чем больше это отношение, тем лучше. Где выгоднее хранить водород – в графане или в стальном баллоне весом 12 кг, объёмом 30 л под давлением 100 бар при комнатной температуре?

## **Биология и наномедицина**

### *Задача 1. Мозг, мозг...*

Одно из перспективных направлений нейробиологии – использование стволовых нервных клеток для лечения травм и различных патологий мозга, связанных с гибелью нейронов. Эксперименты показывают, что подсаживание стволовых клеток в область поражения приводит к частичному замещению мертвых нейронов новыми, дифференцировавшимися из стволовых клеток. Однако существенным затруднением является то, что стволовые клетки плохо проникают в глубокие слои мозга и остаются преимущественно на поверхности, что снижает диапазон их возможного применения.

Как при помощи наноматериалов (укажите, каких и почему) можно улучшить проникновение стволовых клеток в глубокие слои мозга?

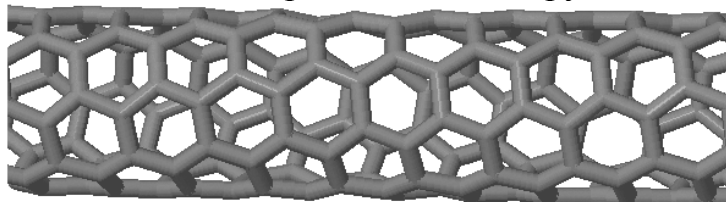
Как достичь направленности в движении стволовых клеток именно к поврежденным участкам?

Что помогает нейрональным стволовым клеткам «ползти» в нужные места?

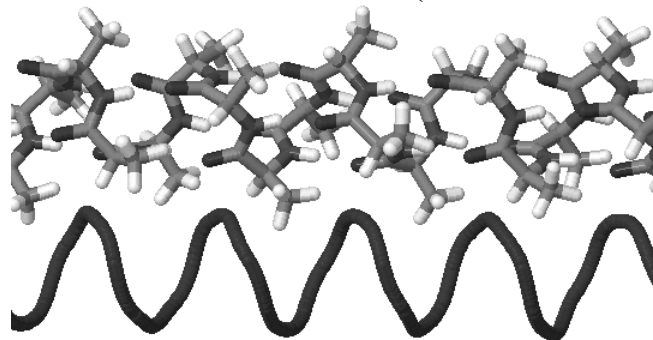
### *Задача 2. Нанообъекты в зазеркалье*

Хиральность – свойство объекта быть несовместимым со своим зеркальным отражением любой комбинацией поворотов и перемещений в трехмерном пространстве, как, например, правая и левая рука. Два таких зеркальных отражения молекулы называются энантиомерами. В органической химии хиральность обычно связана с асимметрическим атомом углерода (имеющим 4 разных заместителя), однако в наном мире существуют и другие типы хиральности.

1. За счет чего возникает хиральность нанотрубок?



2. На рисунке ниже приведена  $\alpha$ -спираль L-аланина. Опишите, каким будет ее энантиомер? Как изменится ответ, если в такой  $\alpha$ -спирали заменить L-аланин на глицин ( $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ )?



3. Могут ли энантиомеры из пп. 1, 2 по-разному воздействовать на биологические объекты и почему?

4. С какими тканями человеческого организма и как эти объекты будут в первую очередь взаимодействовать при пероральном, назальном, трансдермальном введении?

За все время существования Олимпиады по всем аспектам нанотехнологий разработано несколько сот *оригинальных, ранее не опубликованных задач* для теоретических и экспериментальных туров. Эти материалы доступны всем: они размещены на постоянной основе на сайте Олимпиады [2].

Междисциплинарный характер Олимпиады проявляется не только в задачах для школьников, но и в темах творческих конкурсов и конкурсов научно-исследовательских работ студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады.

## Новые образовательные технологии, связанные с Олимпиадой

Олимпиада по нанотехнологиям использует многие передовые образовательные технологии, которые только сейчас начинают апробироваться в российской системе образования. Предмет Олимпиады и формат ее проведения (Интернет-олимпиада) идеальным образом соответствуют новым формам обучения, в первую очередь дистанционным.

Активно используя систему дистанционного образования и другие информационные ресурсы, Олимпиада создала собственное, очень насыщенное информационное пространство. В 2009 году для обучения всех желающих основам нанотехнологий был организован «Клуб участников» Интернет-олимпиады [3]. Он базируется на дискуссионной площадке сайта Олимпиады [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru); в нем представлены видеокурсы лекций, посвященных проблемам развития нанотехнологий, там же находятся все образовательные материалы, необходимые для самоподготовки (более 15 Гб информации). Это означает, что Олимпиада выполняет не только проверяющие функции (как традиционные олимпиады), но и создает свою образовательную среду, которая позволяет участникам получить необходимые новые знания.

«Клуб» создан для обсуждения проблем в области нанотехнологий, общения участников и концентрирования в одном месте обучающих материалов, к которым может обратиться каждый участник в случае необходимости. Раньше многие спрашивали: «Что такое нанотехнологии?», сейчас спрашивают: «Где научиться нанотехнологиям?». «Клуб» дал начало процессу формирования коллекции пополняемых в течение всего года образовательных материалов. Важно, что формат «клуба» подразумевает свободное размещение материала, который получают участники, его свободное обсуждение и возможность свободного установления контактов между членами клуба.

Наиболее важной частью Олимпиады являются *дистанционные курсы* [4], которые демонстрируют современную форму эффективного дополнительного образования и повышения квалификации в области функциональных материалов и наноматериалов. Это одна из развивающихся во всем мире перспективных форм современного образования. Особенно актуальна подобная форма получения знаний в такой междисциплинарной области, как наноматериалы и нанотехнологии. Новые методики позволяют сделать образование более

качественным, а главное – по-настоящему доступным. Благодаря развитию удалённого обучения люди с ограниченными возможностями становятся полноценными участниками образовательного процесса. Создание новых открытых образовательных интернет-ресурсов МГУ – важный шаг для популяризации науки и фундаментального образования.

Преимуществами дистанционных курсов являются их доступность, гибкость в построении образовательных маршрутов, улучшение эффективности и оперативности процесса взаимодействия с учащимися. Наиболее важной и актуальной дистанционная форма является в случае подготовки и переподготовки специалистов в области нанотехнологий с учетом существенного методического отставания образовательной системы России в данном направлении, резкого дефицита учебно-методической и образовательной литературы. В 2011 г. сформированы гибкие наборы курсов из материалов составленной заранее «базы знаний» учебных и научно-популярных материалов, что позволило адаптировать имеющиеся материалы под различные социальные и возрастные категории участников.

По всем программам к участию приглашены школьники, студенты, аспиранты, специалисты в различных областях знаний. Процедура регистрации на курсы проводится интерактивно, через персональные страницы зарегистрированных участников. В методическом обеспечении и реализации курсов принимают участие профессора и доценты МГУ им. М.В. Ломоносова и Российской академии наук, имеющие опыт экспериментальной работы и преподавания в указанных областях.

Все материалы Олимпиады переведены в электронный формат и могут быть использованы в учреждениях среднего общего и профессионального образования, в высших учебных заведениях, в отраслевых центрах подготовки и переподготовки кадров, в научных организациях и исследовательских подразделениях высокотехнологичных фирм, в инновационных предприятиях и всех участниках Национальной нанотехнологической сети.

### **Основные результаты работы**

1. В Московском государственном университете на базе факультета наук о материалах разработана и внедрена новая образовательная программа – Всероссийский интеллектуальный форум - олимпиада

«Нанотехнологии – прорыв в будущее». В Олимпиаде участвуют все слои российского общества (за 6 лет – более 20 тысяч человек всех возрастов и различных социальных групп). Тем самым внесен значительный вклад в решение проблемы привлечения молодежи в науку и формирования кадров для nanoиндустрии.

2. Олимпиада имеет ярко выраженный междисциплинарный характер: она охватывает все аспекты современной науки, посвященной изучению nanoобъектов, и все основные направления нанотехнологий, существующие в мире.

3. Олимпиада объединяет лучшие традиции отечественных олимпиад с новыми разработками в области образования: творческими конкурсами, конкурсами научно-исследовательских работ школьников и студентов, развитой системой дистанционной подготовки. Тематика заданий и конкурсов Олимпиады соответствует важнейшим направлениям фундаментальной физической и химической характеристики наносистем, получения и анализа функциональных и конструкционных наноматериалов, наномедицины, nanoинженерии.

4. Олимпиада предоставляет уникальную информационно-образовательную среду, в которую активно вовлечены школы и вузы по всей России. Путем активного использования технологий дистанционного образования и других информационных технологий, Олимпиада создала собственное информационное пространство, включающее «Клуб участников Олимпиады», «базы знаний» учебных и научно-популярных материалов, дистанционные курсы подготовки для всех возрастов и социальных групп.

5. Все учебные, методические и научные материалы Олимпиады переведены в электронный формат, находятся в открытом доступе и могут быть использованы как в средних школах, так и в высших учебных заведениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Еремин В.В., Плутенко А.Д.* Нанотехнологическое образование: проблемы и перспективы. – В кн.: Современные тенденции развития химического образования: фундаментальность и качество / Под ред. В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. С. 141-153.

2. Официальный сайт Олимпиады по нанотехнологиям: [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)

3. Клуб участников Олимпиады: [www.nanometer.ru/userc\\_stat\\_all\\_u3.html](http://www.nanometer.ru/userc_stat_all_u3.html)

4. Заочная нанотехнологическая школа (дистанционные курсы): [www.nanometer.ru/2011/10/09/13181416739526.html](http://www.nanometer.ru/2011/10/09/13181416739526.html)