

**Задачи заочного теоретического ("грантового") тура  
VI Всероссийской Интернет - олимпиады  
"Нанотехнологии - прорыв в будущее"  
для школьников (иногородних участников, нуждающихся в  
поддержке)**

Задачи этого тура следует решать ТОЛЬКО тем участникам, которые успешно прошли на очный тур и нуждаются в гранте на поездку в Москву, а также месте в общежитии МГУ во время проведения очного тура. Для остальных участников, прошедших на очный тур, решение данных задач не является обязательным. В любом случае, все призеры и победители отборочного тура ИМЕЮТ ПРАВО участвовать в очном туре, даже если не получают финансовой поддержки по результатам данного "грантового" тура, в этом случае поездка и поселение в г. Москву осуществляется не за счет оргкомитета, а, например, за счет самого участника.

**1. Внимательно прочитайте условия.** Если Вы не знаете какие-то термины, Вы можете в период, отведенный для решения задач, найти этот термин в Интернете или спросить учителей. Спрашивать учителей и знакомых, как именно решить ту или иную задачу (выпрашивать и вытягивать решение), не стоит ("списанные" работы будут существенно поражены в баллах). На очном туре участники все делают сами, а именно он определяет конечный результат.

**2. Подготовьте решение всех задач по всем предметам, которые хотите решить.** Олимпиада проводится по комплексу предметов, поэтому требуется решать все задачи (для 7 - 8 класса рекомендуется решать только задачи, обозначенные в тексте как "простые").

**3. Перенесите все решения в один файл с указанием НОМЕРА задачи и ее названия для каждого Вашего решения.** Принимаются и отсканированные рукописные решения (например, в виде архивов файлов), однако проверяющим труднее будет такие решения просматривать и выносить свое суждение о баллах участника.

**4. Загрузите файл решения на сайт (после введения своего логина и пароля).** Подписывать решения не надо, участник распознается системой именно по своему олимпиадному логину и паролю, сообщенным при регистрации как участника олимпиады.

**5. Претенденты на поддержку будут определены по общей сумме баллов с учетом возрастной категории участника.**

**Более подробная информация дана на сайте [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru).  
Последний срок приема решений - 29 февраля 2012 года,  
объявление результатов - 3- 5 марта 2012 года.**

## Задача 0. Нянятехнологии или Тайны Смешариков

(*"детские вопросы" для начинающих и не только...*)

В известном мультфильме про Смешариков "Спасение Улетающих" (<http://www.smeshariki.ru/>), который автор задачи смотрел не менее 10 раз, поскольку его очень любит его шестилетний сын, речь идет о спасении кролика Кроша и Ежика путем заарканивания чудесной веревкой и принудительного приводнения их с околоземной орбиты вместе с угнанной ими у пингвина Пина ракетой (таким образом, при съемках, как говорится, ни один кролик не пострадал).



Вопрос: как Вы думаете сами, о чем именно маленьком "заботятся" "нянятехнологии" и зачем? - 1 балл

Сюжет достаточно прост. Лосяш учудил лекцию для всех Смешариков про нанотехнологии (см. рисунок вверху), которые Крош затем называл "нянятехнологии", потому что единственное, что он из обрывков лекции понял, что они "заботятся о маленьких". Разумеется, кролик и Ежик на лекцию опоздали, а медвежонок Копатыч из чувства дисциплины и порядка захлопнул перед ними дверь, в результате чего не попавшие на лекцию субъекты стали бездельничать, хулиганить и попали в очень неприятную историю, как обычно и случается с различными прогульщиками.



Вопрос: как Вы думаете, что могут нанотехнологии дать при изготовлении самих ракет и в системах жизнеобеспечения космонавтов? - **2 балла**

В результате недолгих поисков Крош обнаружил стоящую неподалеку ракету, забрался в нее вместе с другом Ежиком, начал нажимать все кнопки подряд, в результате чего ракета улетела в космос и "повисла" на некоей стационарной орбите, при этом у нее закончилось топливо и начал заканчиваться кислород, что создало прямую угрозу жизни и здоровью новоиспеченных космонавтов, угнавших без задней мысли ракету у Пина. После этого началась активная стадия создания специальной веревки, за которую ракету "сдернули" из космоса и благополучно спасли улетевших (Вопрос: как называется метод научного поиска путем подсматривания за живой природой и что он, на Ваш взгляд, уже дал нанотехнологиям? - **2 балла**. Как у американцев назывался проект создания подобной веревки и на что он, гипотетически, был направлен? - **1 балл**).

*Теперь вам, как экспертам, предстоит доброжелательно и аргументировано опровергнуть / подтвердить / прокомментировать некоторые утверждения Смешариков.*



Лосяш утверждает, что атом во столько же раз меньше его копыта, во сколько раз его копыто меньше Земли. Подтвердите или опровергните это утверждение оценочными расчетами (1 балл)?



Копатыч показывает на некое насекомое, которое вдруг подпрыгнуло и скрылось из глаз. При чем тут (исторически - нанотехнологически) данный тип насекомых (1 балл)?



Маленький Лосяш указкой собирает в велосипед цветные шарики и они удерживаются вместе. На что намекают авторы мультфильма и так ли все просто "нанотехнологически" реализовать на самом деле (2 балла)?



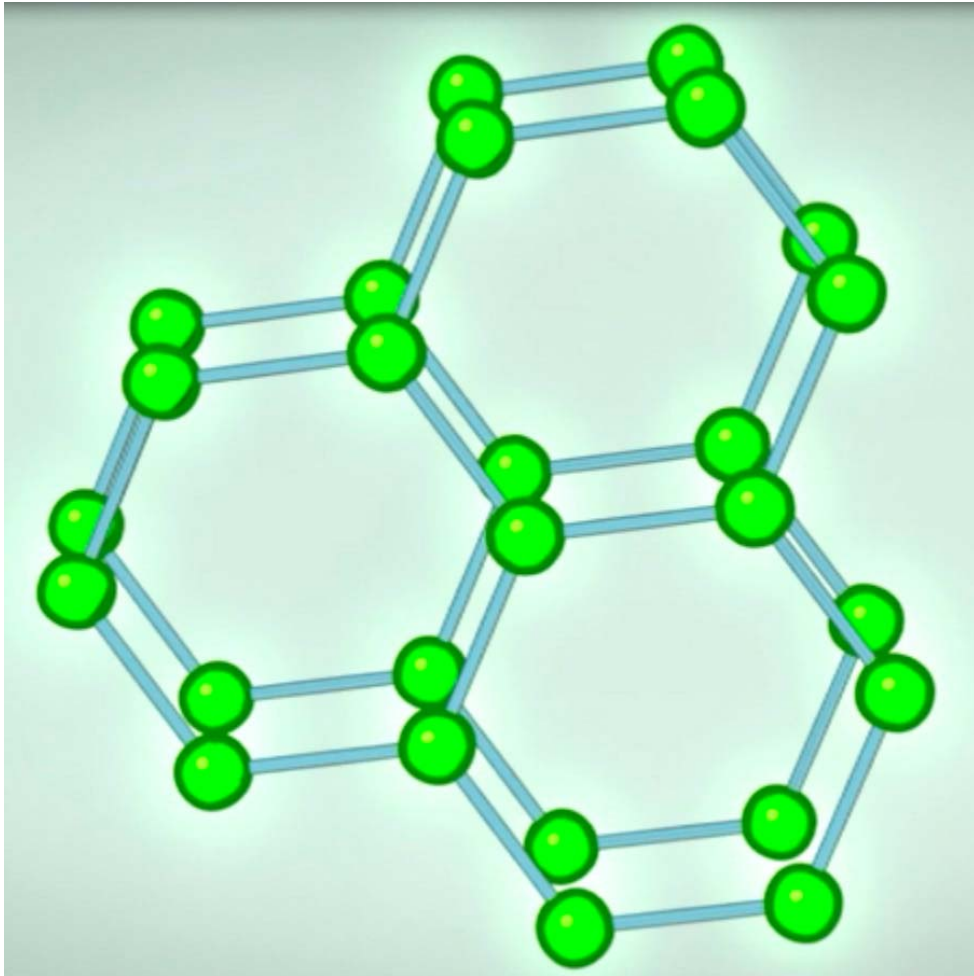
На заднем плане организованной группировки Смешариков виден телескоп. Можно ли с помощью телескопа (соответствующей ему оптической схемы) разглядеть наночастицы и почему (2 балла)?



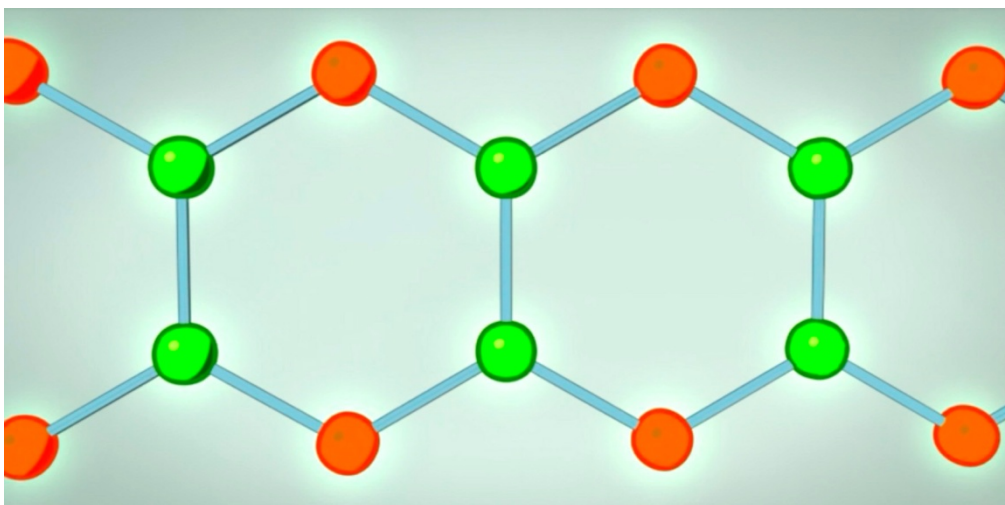
Мудрый ворон Кар Карыч показывает на некую структуру из синих и сиреневых шариков. Наверное, эта структура в мультфильме встречается не случайно (хотя, кто ее знает!). Проявите метод дедукции и предложите свои варианты, которые объясняют, что с таким фрагментом структуры может иметь отношение к нанотехнологиям и почему (2 балла)?



При разработке чудо - веревки Лосяш продемонстрировал различные структуры (вещества), содержащие углерод. Прокомментируйте, что верно, а что неверно на этом слайде (1 балл).



Действуя по аналогии, Лосяш и Пин предложили сначала делать веревку из самого прочного вещества на Земле - алмаза. **Правильно ли выше изображена структура алмаза, рассмотрите возможные ракурсы (1 балл)?**



Углерод образует обычно 4 ковалентные связи, на этой картинке - только три или даже две. **Куда делась 4 связь и почему структура плоская, зачем атомы обозначены разным цветом (2 балла)?**

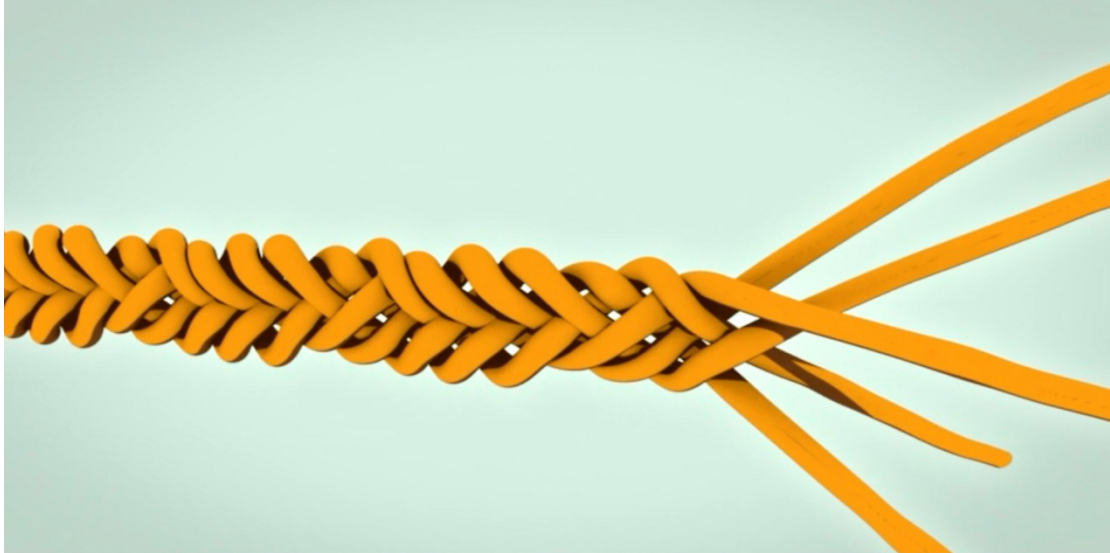


Совунья в мультфильме дохимичилась вплоть до взрыва (ну так получилось). Можно ли углеродные нанотрубки получить взрывом (1 балл)? Как, наверное, Смешарики их получали или могли получить (2 балла)? Так что прочнее должно быть на разрыв - алмазные усы или углеродные нанотрубки (2 балла)?



В качестве "анalogии" для создания углеродных нанотрубок использовался то ли трехпальцевый чулок, то ли аналогичная длинная перчатка с трубчатой структурой. Что может произойти с электронными свойствами одностенной углеродной нанотрубки при ее "ветвлении", изгибе или деформации (3 балла)?





Возможно ли сплести многокилометровую веревку из углеродных нанотрубок и если можно, то как именно, если нельзя, то почему (2 балла)?



Какие растения на огороде Копатыча могли проявлять водоталкивающий эффект, как называется это явление и в чем его причины (2 балла)?



Для того, чтобы веревка из углеродных нанотрубок не намокала, Смешарики предложили сделать ее с показанным выше искусственным рельефом поверхности. Являются ли углеродные волокна водоталкивающими сами по себе и почему (2 балла)? В чем принципиальная ошибка "пупырчатого" подхода в данном конкретном случае (2 балла)?



Оцените, с какой скоростью (оборотов в минуту) должна крутиться рулетка с веревкой, чтобы космический робот Пина вышел на самую низкую орбиту, где "повисла" ракета с Крошем и Ежиком (2 балла). Диаметр барабана принять равным 50 см и считать постоянным.



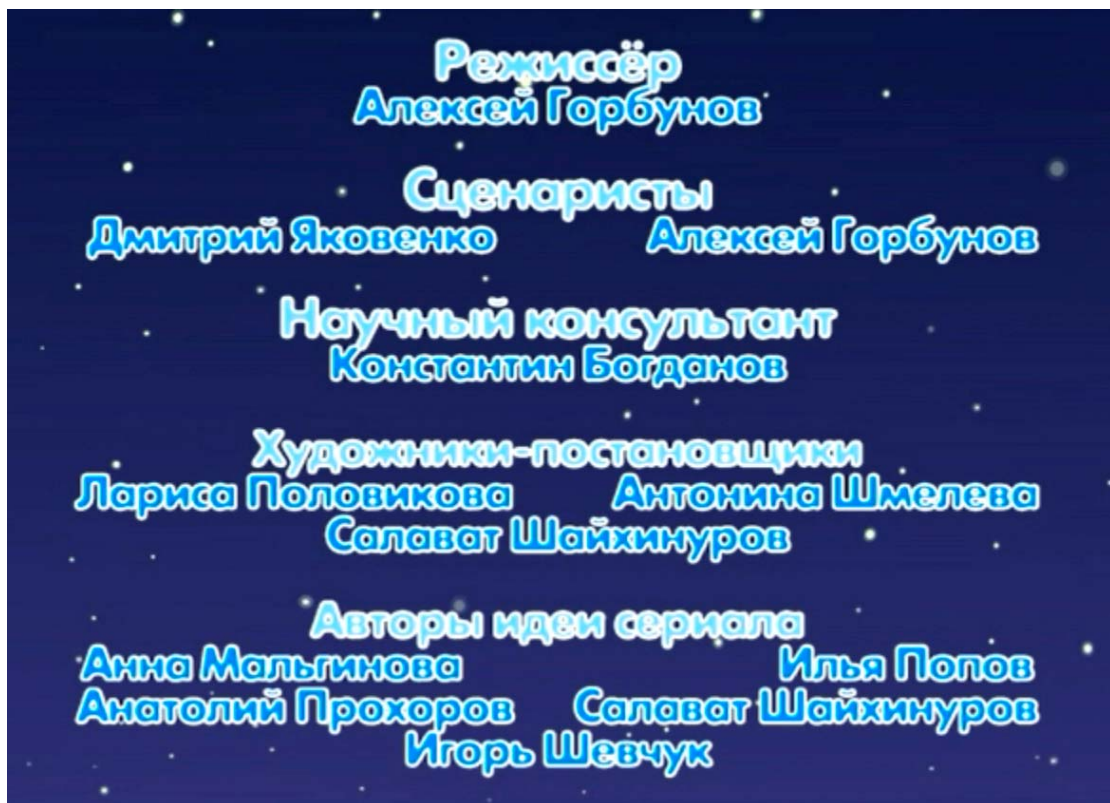
Почему запотел иллюминатор в космической кабине Кроша и Ежика и почему вокруг него капли принимают округлую форму (2 балла)?



Именно так Смешарики стягивали ракету с околоземной орбиты. Если Вас ничего не смущает, берите 0 баллов и идите дальше. Если Вас что - то в этой картинке все же смущает, аргументировано поясните, что именно смущает, что неверно (1 балл)?



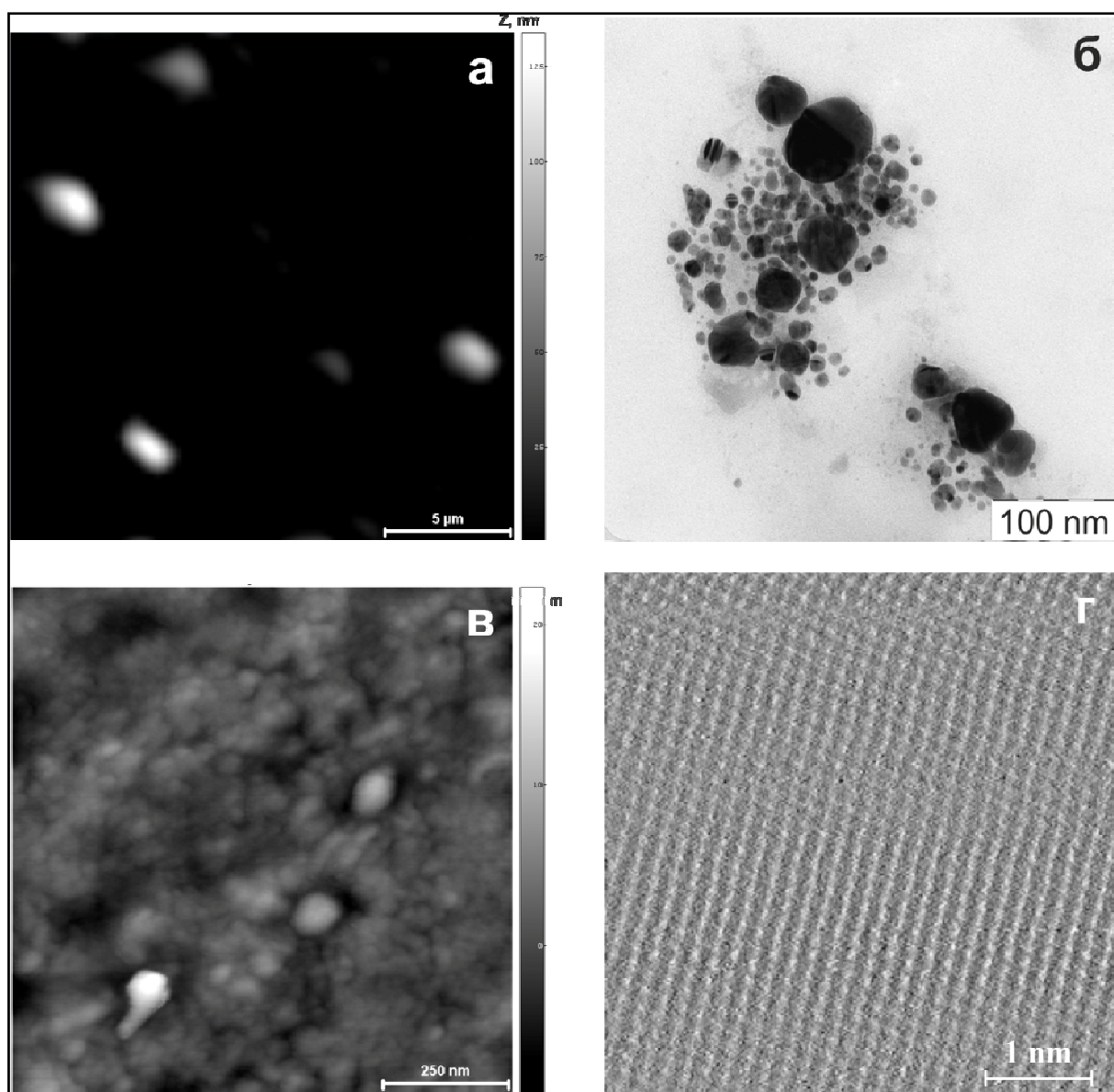
Оцените, какая энергия выделяется при падении ракеты массой 1 тонна с высоты 300 километров на Землю (или воду) (1 балл). Какие уточняющие предположения стоит принять в расчет (1 балл)?



Кто из этих людей наиболее знаком с нанотехнологиями и почему (1 балл)?

### Задача 1. Визуализация наночастиц

Ниже приведено несколько изображений наночастиц, сделанных различными видами микроскопии. На рисунке представлены: ультрадисперсные частицы лигноцеллюлозного сырья в супернатанте (а); коллоиды серебра (б); коллоидные частицы серебра на поверхности фиксированного эритроцита (в); изображение подложки высокоориентированного пирографита (г).



При помощи каких видов микроскопии можно визуализировать наночастицы? (2 балла) Как материал, из которого сделаны наночастицы, влияет на способ их визуализации? (2 балла). Определите методы микроскопии, которыми были сделаны изображения выше? (2 балла).

## Задача 2. Катализ на наночастицах.

Каталитическое действие некоторых материалов становится значительно более заметным после того, как этот материал измельчают до наноразмеров.



Пусть, например, твердый материал Au (золото) катализирует реакцию  $A+B \rightarrow \text{Продукт}$ .

- 1) Предложите измеряемый параметр системы, позволяющий количественно охарактеризовать каталитическое действие Au и следить за его изменением при уменьшении размера частицы. (2 балла)
- 2) Чем объяснить, что с уменьшением размера частиц Au каталитическое действие становится более интенсивным? (2 балла).
- 3) Допустим, катализатор Au ускоряет несколько реакций с участием A. С уменьшением размера частиц Au интенсивность катализа разных реакций растет не одинаково. Пусть частица

Au имеет форму куба. Для первой реакции интенсивность катализа растет обратно пропорционально объему куба, во втором – площади грани, в третьей – длине ребра. Заметный рост начинается при разных размерах частиц Au. Чем объяснить эти наблюдения (2 балла)?

### Задача 3. Пласталь

*После Батлерианского Джихада мир изменился. Многие планеты утратили технологии и одичали. Лишь две планеты: Тлейлаксу и Икс значительно их развили. Тлейлаксиянцы развили биологию. Мастера Икса довели до совершенства технику. Немногие могут сравниться с этими народами.*

Пауль Атрейдес “История Вселенной”  
Арракис



В изделиях иксиан на планете Дюна широко распространено применение *пластали* – стали, пронизанной волокнами *стравидиума*. Её исключительная прочность обеспечивает долговечность и износостойчивость.

Нужную деталь иксиане формируют из папье-маше, приготовленной из лучшей бумаги. Затем сушат её и прокаливают без доступа воздуха. Потом включают высокочастотное поле и пропускают через деталь пар карбонила железа. Постепенно материал набирает массу и получается пласталь.

Опишите внутреннюю структуру пластали. Что такое стравидиум (в данном случае) и как он формируется? (2 балла)

Опишите реакции, протекающие на каждой стадии процесса. (2 балла)

Почему нужна именно лучшая бумага? Можно ли её заменить на микрокристаллическую целлюлозу? (2 балла)

Опишите, каковы должны быть свойства пластали к нагреву, удару, пропусканию электрического тока. (2 балла)

#### Задача 4. Гномьи наноалмазы

Как-то раз Кобдика назначили главным ювелиром гномов. Зашёл он в кладовые, глядь, а там наноалмазы кончились. А тут как назло ещё и заказ пришёл от эльфов на усыпанную алмазами корону.



Засел Кобдик за книги, чтобы положение поправить и нашёл там метод получения алмазов из гексогена {в этом году РОСНАНО вручило премию за данный метод получения наноалмазов}. Да вот беда – нет больше гексогена в гномьем государстве, а местные химики утратили технологию его получения. Отчаялся Кобдик, пошёл к деду жаловаться, что не выполнить заказа от эльфов никак. Дед хитро прищурился, после чего передал внучку справочник и



кусок карбида кальция со словами: “Большой ты уж стал, сам справишься. Ну а ежели чего, научу я тебя алмазы делать. Ступай, работай.”

Ободрённый Кобдик внимательно почитал справочник, посчитал кое-что, после чего сказал ”ой-ё-ё-ё...” и с большим уважением глянул на невзрачный кусок обычного карбида.

Прикинув, что ещё потребуется, Кобдик взялся за работу. Для начала он нашёл стальной баллон и подвесил его на нити над заброшенной шахтой. Затем взял карбид кальция, слегка измельчил его и ввёл в реакцию с водой в аппарате Киппа. Выделяющийся газ пропускал через раствор смеси хлорного железа и сульфата меди, затем через трубку с оксидом кальция. После очистки газ подавался в стальной баллон, охлаждаемый снаружи жидким азотом (почти космический холод!). Кобдик предварительно подвесил пустой баллон на весах и точно знал, сколько газа в нём сконденсировалось. После заполнения баллона Кобдик перекрыл вентиль, аккуратно отогрел его до температуры минус 80°C и пережёл нить, удерживающую баллон на весу. Через расчётное время в шахте раздался мощный взрыв.

Кобдик спустился вниз и собрал сажу, которая густо покрывала пол и стены шахты. Промыв её азотной кислотой, он выделил нужные ему алмазы и засел за изготовление короны.

Опишите процессы, приводящие к образованию наноалмазов при взрыве гексогена (1 балл).

Напишите, какие реакции протекали при получении и очистке газа, запускавшегося в баллон (2 балла).

Докажите оценочным расчётом, что при взрыве баллона, по аналогии с гексогенным взрывом, процессы образования наноалмазов тоже возможны (4 балла, любые нужные Вам данные возьмите из справочника).

Зачем баллон отогревали до температуры в -80°C (1 балл)?

Почему Кобдик пережёл, а не перерезал нить (1 балл)?

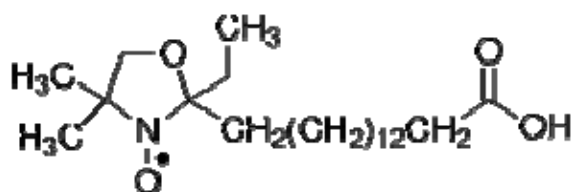
Через какое время Кобдик услышал взрыв, если глубина шахты 200 м (1 балл)?

Какие процессы протекали при промывке сажи азотной кислотой (2 балла)?

### Задача 5. Плазматическая мембрана

Для исследования свойств плазматических мембран клеток используют спиновые зонды, которые дают характерные спектры так называемого электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) в специальных ЭПР - спектрометрах. Спиновые зонды представляют

собой молекулу стеариновой кислоты с остатком, содержащим нитроксильную группу (NO•). На рисунке представлен спиновый зонд (16-доксилстеариновая кислота).



Фрагмент, несущий нитроксильную группу, связан с 16 атомом углерода углеводородной цепи. Существуют молекулы спиновых зондов с другим положением нитроксила: 5-, 7- и 12-доксилстеариновые кислоты.

Молекула спинового зонда в мембране располагается параллельно жирнокислотным остаткам фосфолипидов. По спектрам ЭПР можно оценить микровязкость мембраны в области расположения нитроксильного фрагмента. ЭПР спектроскопия со спиновыми зондами на основе стеариновой кислоты широко используется для исследования эритроцитов.

- 1) Каким образом можно встроить молекулу спинового зонда в мембрану эритроцитов (2 балла)?
- 2) Какой спиновый зонд (5-, 7-, 12- или 16-доксилстеариновая кислота) целесообразно выбрать для получения информации о микровязкости мембраны в областях, близких к поверхности и почему (2 балла)?

Поскольку молекулы спиновых зондов находятся внутри мембраны, они вносят изменения в структуру мембраны. Исследователь должен выбрать оптимальную концентрацию спинового зонда: с одной стороны его не должно быть слишком много (чтобы изменения структуры мембраны были незначительными), а с другой стороны его должно быть достаточно для записи спектра ЭПР.

- 3) Оцените соотношение молекул фосфолипидов и спинового зонда, если в суспензии эритроцитов конечная концентрация спинового зонда составляет  $10^{-4}$ М, содержание клеток  $6 \cdot 10^6$  кл/мкл, а на одну клетку в среднем приходится  $7 \cdot 10^8$  молекул фосфолипидов. Считать, что все молекулы спинового зонда находятся в мембране эритроцитов и распределены равномерно между двумя монослоями (2 балла). Как вы считаете, будут ли существенны изменения структуры мембраны при таком соотношении (1 балл)?

### Задача 6. Суспензия и ультразвук

При перемешивании гидрофобных наночастиц, особенно в виде крупнодисперсного агрегированного порошка, в водной среде не происходит образование малых пузырей с радиусом порядка 10 нм. Как правило, пузыри гораздо больше и они активно вытягивают за собой наночастицы на поверхность. Одним из способов уменьшения объема присоединенных пузырей является ультразвуковая обработка суспензий. Экспериментально проверено, что обработка значительно повышает стабильность суспензий гидрофобных наночастиц, повышается их однородность.

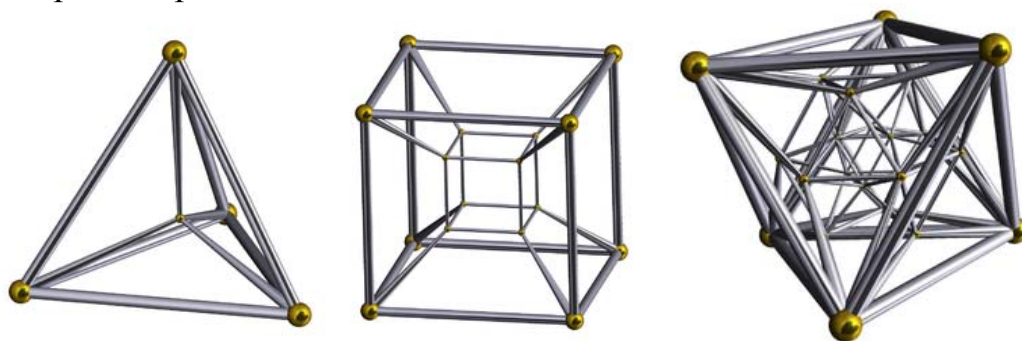


Найти частоту ультразвуковой волны, облучение которой может привести к созданию стабильной суспензии наночастиц кремния радиусом  $r = 10$  нм, у которых  $k = 10\%$  поверхности гидрофобно. Интенсивность излучения  $I = 3 \cdot 10^3$  Вт/м<sup>2</sup>, при расчетах поясните / обоснуйте Ваше решение. (5 баллов)

### Задача 7. Додекаплекс - простейший 4D фуллерен

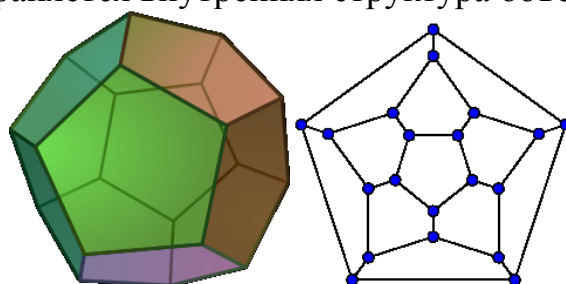
Представьте, что в четырёхмерном мире у самого маленького фуллерена будет геометрический аналог – правильный многогранник, состоящий из пятиугольных плоских граней – додекаплекс. Представить (визуально) его невозможно, однако на помощь приходит широко используемая для визуализации

фуллеренов проекция Шлегеля.

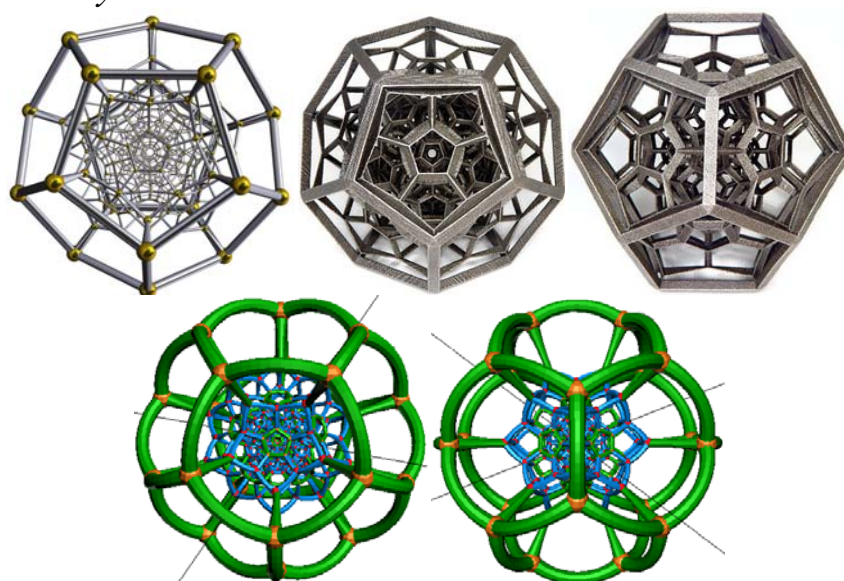


*Рис. 1. Трёхмерные проекции Шлегеля четырёхмерных аналогов Платоновых тел: гипертетраэдр, гиперкуб (тессеракт), полиоктаэдр.*

Подобно проецированию выпуклых 3D многогранников в 2D фигуры на плоскости (рис. 2), проекция Шлегеля 4D многогранников в одну из ячеек фигуры позволяет нам визуализировать их в виде трёхмерного объекта без самопересечений граней (рис. 1, 3 - 5). При этом, с некоторыми оговорками, сохраняется внутренняя структура объекта.

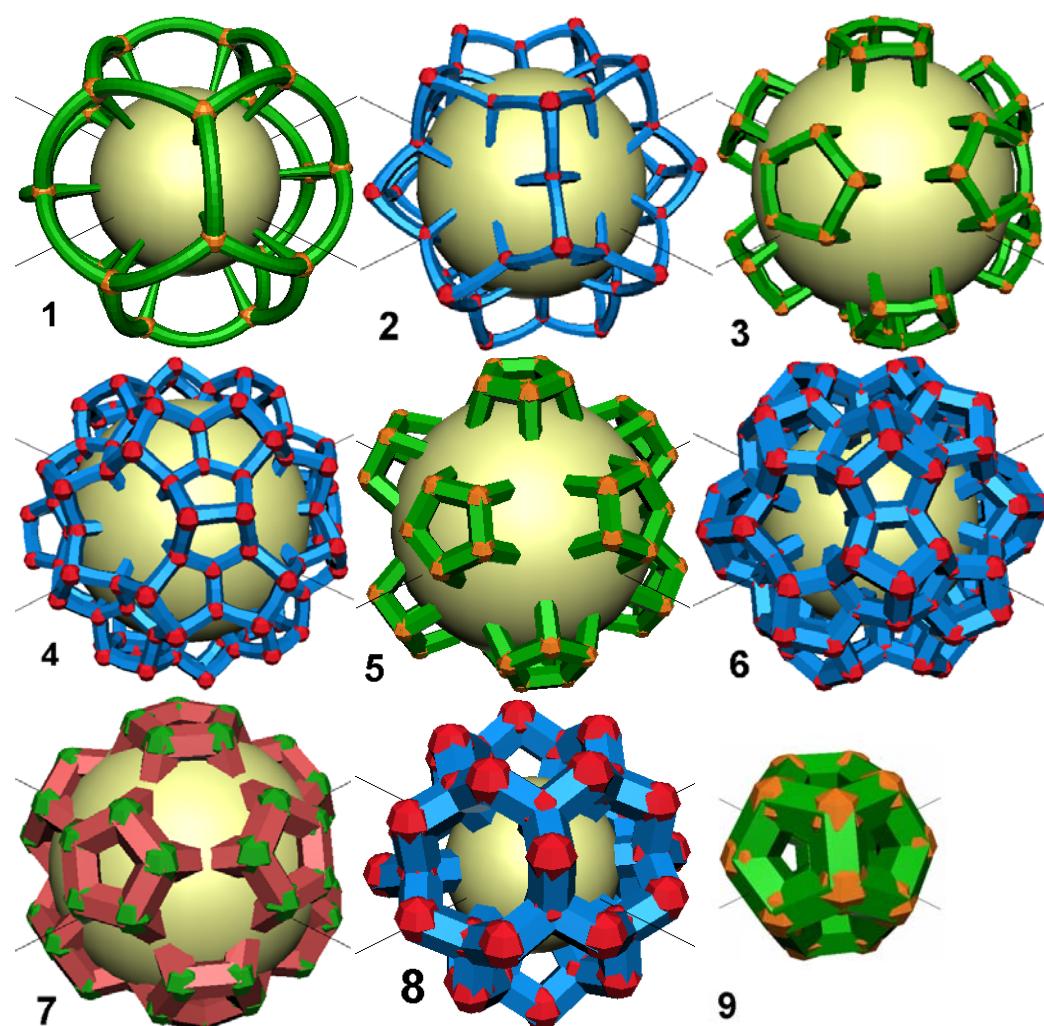


*Рис. 2. Простейший фуллерен в трёхмерном мире и его двухмерная проекция. Как можно видеть, проекция Шлегеля искажает расстояния и углы.*



*Рис. 3. Несколько примеров визуализации додекаплекса при помощи*

*3D проекций Шлегеля.*



*Рис. 4. Послойное изображение 3D проекции Шлегеля додекаплекса. Желтая сфера на каждом изображении «закрывает» от наблюдателя все нижележащие слои: так, сфера на первом изображении является описанной сферой для второго изображения и т.д. Примечание: все вершины (узлы, где сходятся ребра), через которые проходят сферы, всегда принадлежат более низкому слою. Цифры на рисунке соответствуют номерам слоёв.*

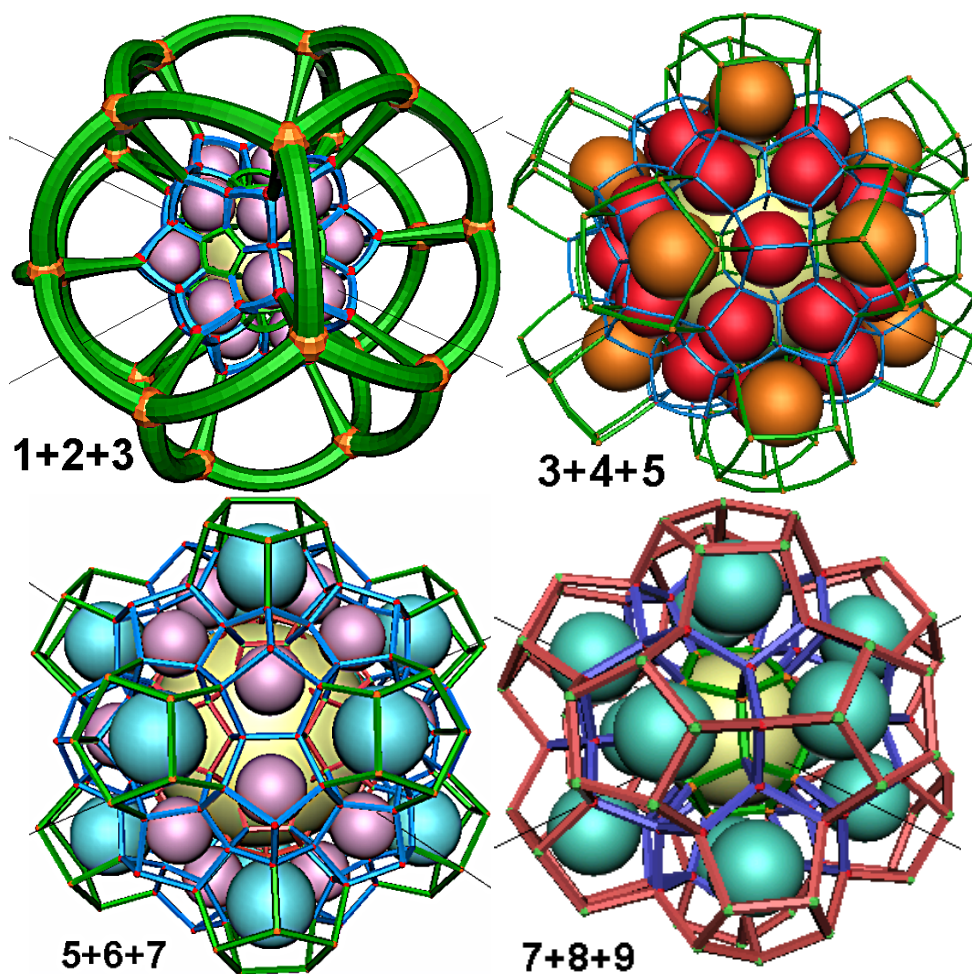


Рис. 5. Примеры трёхслойных фрагментов изображения 3D проекции Шлегеля додекаплекса. Для наглядной визуализация ячеистой структуры, внутрь некоторых ячеек помещены шары. Цифры на рисунке соответствуют номерам слоёв по рис. 4.

1. Какие Платоновы тела, являющиеся двойственными многогранниками, обладают такой же симметрией, как и 3D проекция Шлегеля додекаплекса (рис. 3-5)? (1 балл)

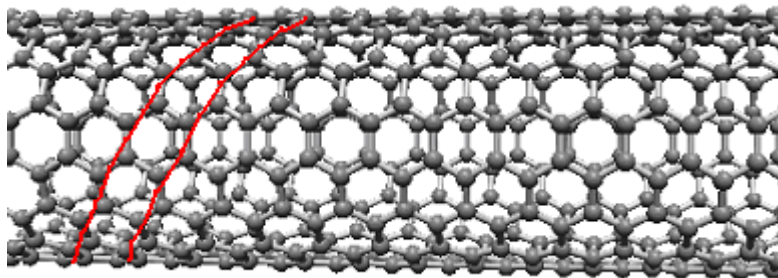
2. Исходя из приведенных данных (рис. 3 - 5), посчитайте формулу простейшего четырёхмерного фуллерена – аналога самого маленького 3D фуллерена. Какую геометрическую фигуру представляют собой его ячейки? Какова в нём валентность четырёхмерного углерода? (2 балла)

3. Рассчитайте, сколько граней, рёбер и ячеек содержит такой 4D фуллерен. (2 балла)

4. Если Вы посчитаете количество ячеек внутри трёхмерной проекции Шлегеля 4D фуллерена по рис. 4 - 6 то, у Вас в итоге получится нечетное число ячеек (какое?). Поясните такой результат. Подсказка: внимательно изучите проекцию Шлегеля фуллерена  $C_{20}$

(рис. 2). (2 балла)

### Задача 8. Двойная спираль... нанотрубки.



Если внимательно присмотреться к стенкам углеродных нанотрубок, то в их ажурных переплетениях можно разглядеть спираль. И не одну. По всей длине этих трубок бегут нанизанные на невидимые линии змейки С-С связей.

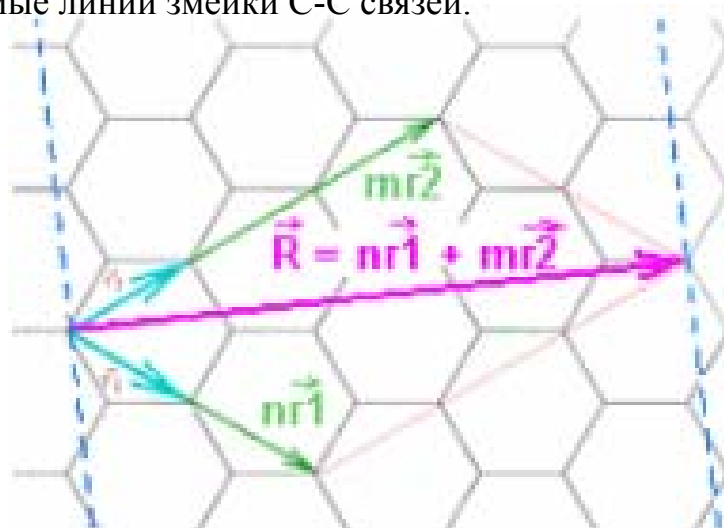


Рис. 1. Для получения нанотрубки ( $\mathbf{n}$ ,  $\mathbf{m}$ ), графитовую плоскость надо разрезать по пунктирным линиям и свернуть вдоль направления вектора  $\mathbf{R}$ .

В этом примере  $\mathbf{n} = 2$ ,  $\mathbf{m} = 3$ .

Различают следующие типы нанотрубок:

- «зубчатые»,  $\mathbf{n} = \mathbf{m}$ ;
- зигзагообразные,  $\mathbf{m}=0$  или  $\mathbf{n}=0$ ;
- спиральные или хиральные нанотрубки (все остальные значения  $\mathbf{n}$  и  $\mathbf{m}$ ).

Каждая спираль, будь то молекула ДНК,  $\alpha$ -спираль полипептида или обычная пружина, имеет набор параметров, которые её характеризуют: радиус, длина витка, шаг, угол подъёма спирали (см. рис. 2).

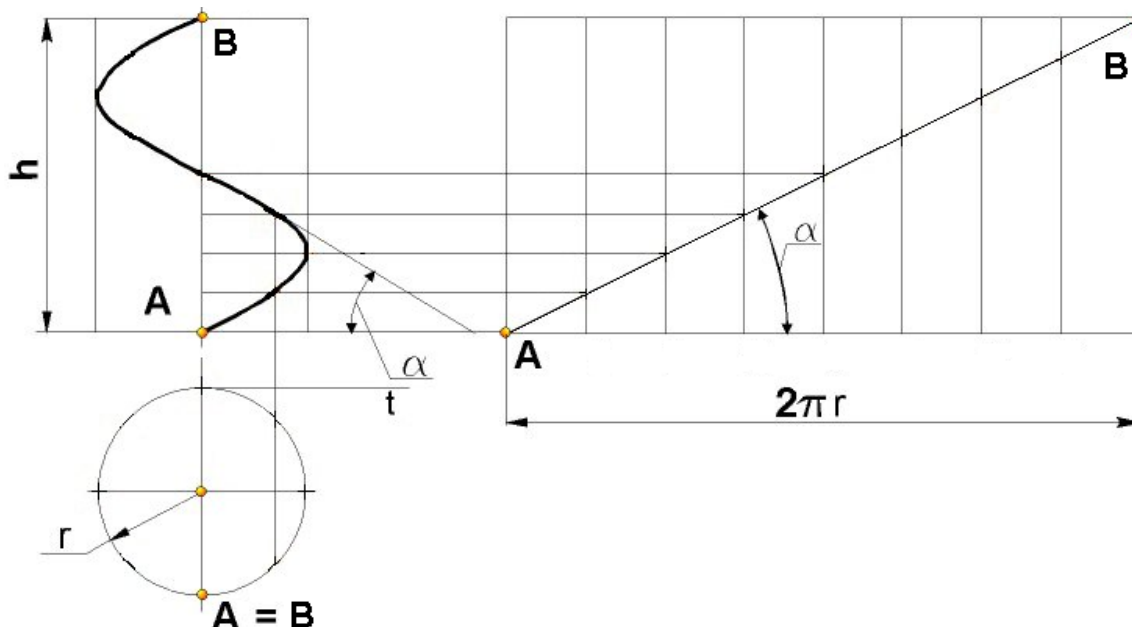


Рис. 2. Схематическое изображение спирали:  $r$  – радиус,  $h$  – шаг,  $\alpha$  – угол подъёма спирали. При разворачивании цилиндра, на который «намотана» спираль, она изобразится в виде прямой. Длина отрезка  $AB$  называется длиной витка спирали.

1. Определите общее количество зигзагоподобных С-С спиралей для произвольных: а) хиральных, б) зубчатых, в) зигзагообразных углеродных нанотрубок. (2 балла)

2. Определите угол подъёма спиралей для каждого типа углеродных нанотрубок. (2 балла)

3. Рассчитайте радиус, длину витка и шаг спиралей в нм для каждого типа углеродных нанотрубок. (5 баллов)

4. Оцените, сколько атомов углерода приходится на один виток спирали для каждого типа нанотрубок (2 балла). Для каких нанотрубок на один виток спирали всегда будет приходиться целое число атомов? (1 балл)

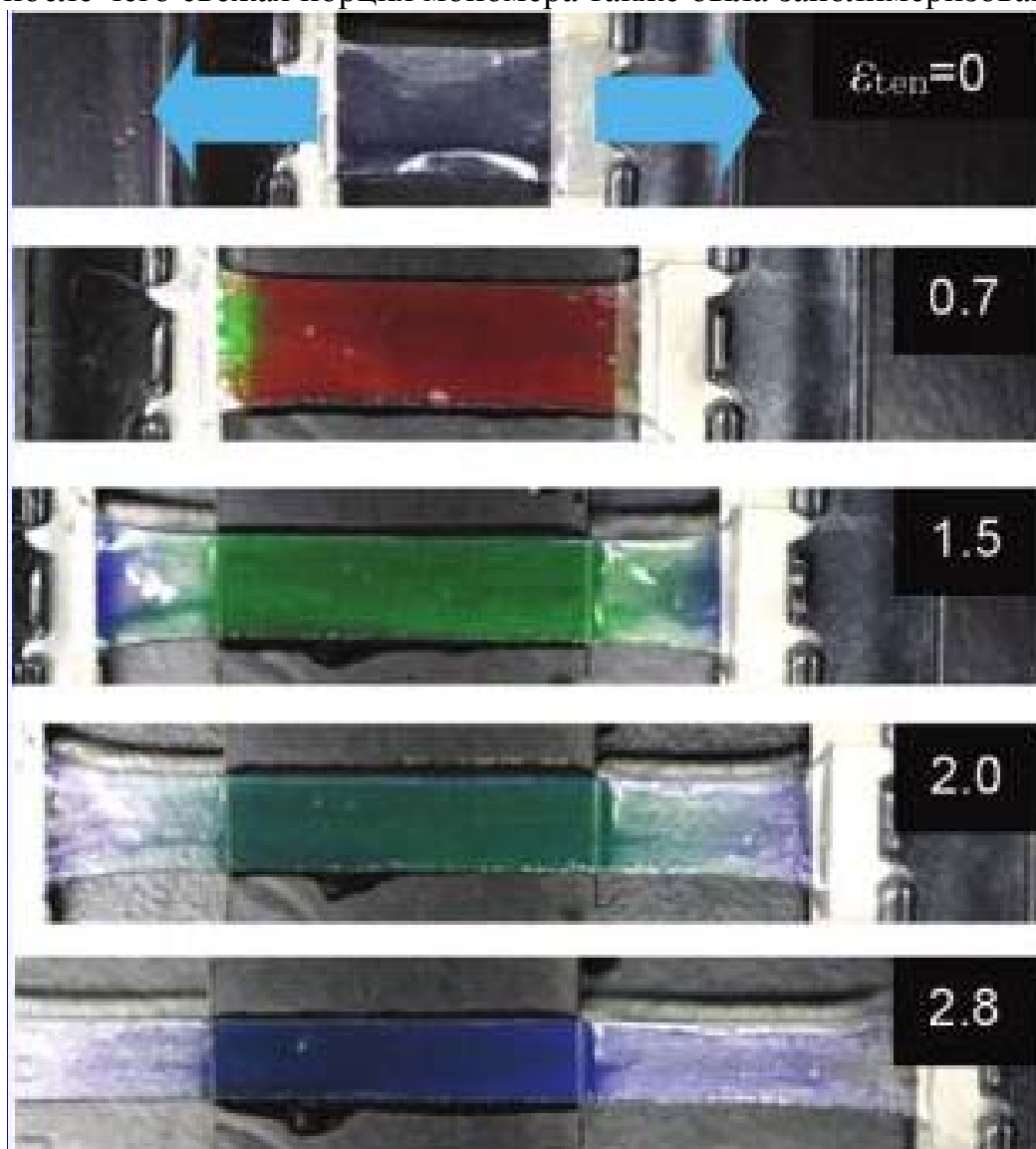
Все расчёты провести подробно, исходя из геометрических соображений, приняв все грани рассматриваемых многогранников правильными многоугольниками, а длину всех С-С связей, равной как в графите, 0,142 нм; размерами атомов пренебречь. Получаемые в ответе формулы должны быть в итоге выражены только через параметры  $n$ ,  $m$  и численные коэффициенты.

### Задача 9. Механочувствительные гели

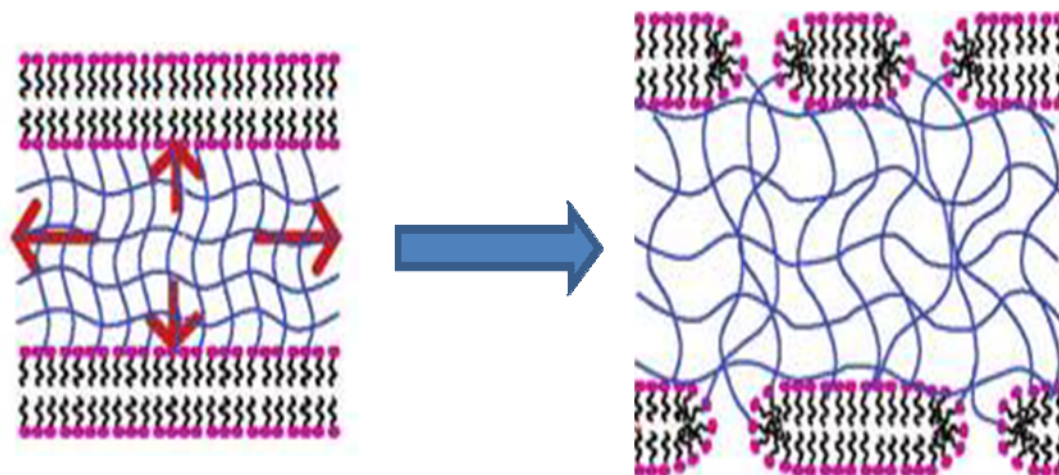
Один из перспективных высокотехнологичных материалов – мягкий эластичный гель, способный изменять свою окраску при приложении внешнего давления. С его использованием можно, например, сконструировать механосенсоры, реагирующие на нажатие и не требующие подсветки, или детекторы давления/деформации, сигнализирующие изменением цвета на приложение опасной для материала нагрузки.



Такой материал был получен по следующей методике. Водный раствор, содержащий 0.10-0.17 моль/л н-додецилглицерилитаконата ДГИ, 2 моль/л акриламида АА, 0.002 моль/л N,N'-метиленбисакриламида БАА и небольшое количество фотоинициатора радикальной полимеризации, был выдержан в течение 4 ч при температуре 55 °С, после чего быстро (под давлением) впрыснут в форму для полимеризации (10x1x0.1 см) и заполимеризован. Полученный образец был помещен в большой объем водного раствора смеси АА (2 моль/л), БАА (0.002 моль/л) и оксоглутаровой кислоты (0.002 моль/л) и выдержан до насыщения, после чего свежая порция мономера также была заполимеризована.



Схематически микроструктура полученного геля представляется так:



Известно, что ДГИ при температуре синтеза самоорганизуется в бислойные ламели, причем трансляционная диффузия молекул ДГИ, включенных в полимерную сетку, затруднена. Полученный образец в контакте с водой сильно набухает, что приводит к частичному разрушению непрерывных ламелей и формированию островных бислойных фрагментов, но их взаимная ориентация при этом сохраняется.

1. Приведите структурные формулы упомянутых в методике веществ (2 балла).
2. Почему для получения материала приведенной структуры недостаточно просто смешать компоненты и запolyмеризовать, а необходима предварительная инкубация раствора при 55 °С и впрыскивание под давлением (2 балла)?
3. За счет чего в результате радикальной полимеризации образуется непрерывная трехмерная сетка (1 балл)?
4. Полимеризация второй порции АА приводит к двойной (взаимопроникающей) сетке. Связаны ли между собой сетки, полученные на разных стадиях процесса (объясните, почему нет, или приведите схему реакции, приводящей к такой сшивке) (2 балла).
5. Оцените толщину ламели, учитывая, что додецильные группы ДГИ находятся в конформации плоского зигзага. Каким физическим методом можно точно определить толщину ламели? (3 балла)
6. В зависимости от исходной концентрации ДГИ конечный продукт описанного синтеза может быть бесцветным либо окрашенным. А) По уравнению Вульфа-Брэггов (уравнение, определяющее взаимосвязь длины волны при дифракции и параметров упорядоченной структуры) определите период дифракционной решетки, за счет которой проявляется синяя окраска (2 балла). Б) Определите цвет геля (синий, зеленый,

бесцветный), полученного при концентрации ДГИ 0.10, 0.13 и 0.17 моль/л, проставив знаки + и – в таблице:

ДГИ, моль/л	Бесцветный?	Синий?	Зеленый?
0.10			
0.13			
0.17			

При одноосном растяжении образца в направлении, параллельном ориентации ламелей, он быстро и обратимо изменяет свою окраску за счет изменения межламельных расстояний  $d$ . Например, недеформированный образец размерами 10x1.0x0.1 см при облучении белым светом обнаруживает максимум в спектре отраженного света при длине волны 717 нм. После растяжения в 2 раза (конечная длина образца 20 см) максимум спектра отражения составляет 515 нм.

7. Определите: а) конечную толщину образца; б) конечную ширину образца, считая суммарный объем образца постоянным. За счет чего проявляется анизотропия сжатия образца? (3 балла)
8. Рассчитайте, при каком относительном растяжении образец будет окрашен в интенсивно-синий цвет (максимум в спектре отражения 410 нм) (2 балла).

### Задача 10. Молекулярные аккумуляторы

Многие актуальные проблемы молекулярной электроники и энергетики связаны с поиском систем, содержащих переходные металлы и способных выступать в качестве акцепторов, переносчиков и доноров электронов.



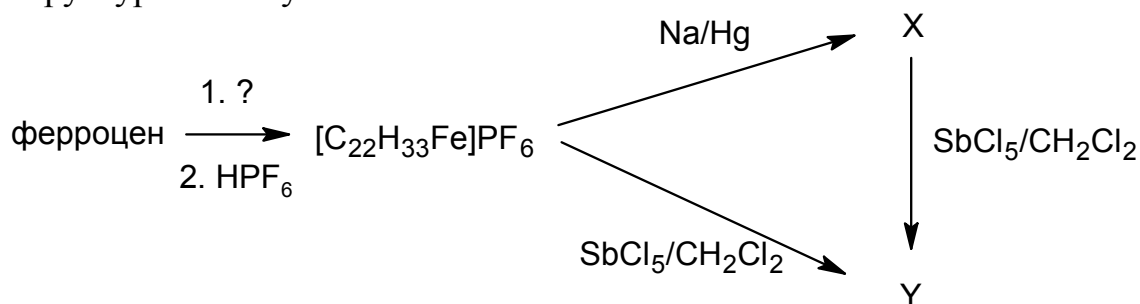
Ключевые свойства таких систем – величина потенциала окисления-восстановления и стабильность, которые можно регулировать, варьируя координационное окружение металла.

1. Приведите примеры (не менее двух) природных переносчиков электронов (металлопротеидов), содержащих различные металлы. Приведите уравнения окислительно-восстановительных реакций, лежащих в основе переноса электронов. (2 балла)

Родоначальник многочисленных соединений, используемых для транспорта электронов в молекулярной электронике – ферроцен  $C_{10}H_{10}Fe$ .

2. Приведите структурную формулу ферроцена и укажите степень окисления железа в этом соединении (1 балл). Какими способами (не более двух) можно эффективно синтезировать ферроцен (2 балла)?

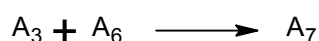
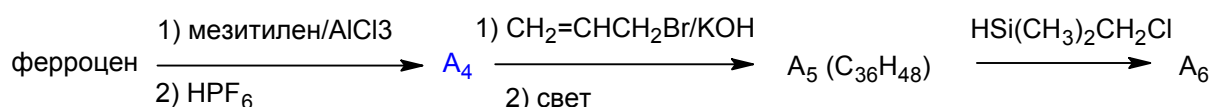
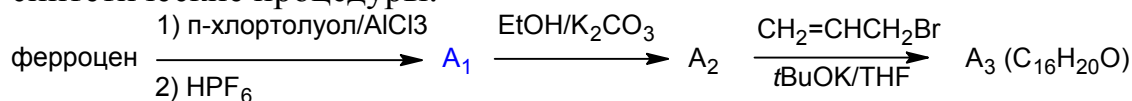
Модификация ферроцена позволяет повысить его стабильность и изменить его свойства желаемым образом. Например, избыточное метилирование ферроцена и замена одного из лигандов на гексаметилбензол приводят к соединению  $C_{22}H_{33}Fe$ . Метильные группы стерически защищают комплекс от димеризации, что позволяет осуществлять интересные окислительно-восстановительные превращения с его участием без изменения структуры молекулы:



3. Приведите структурные формулы соединений  $[C_{22}H_{33}Fe]PF_6$ , X, Y и укажите степени окисления железа в них (2 балла).
4. Укажите реагент(ы) и условия, необходимые для осуществления стадии (1), описанной выше (1 балл).

Лиганды ферроцена и описанных в задаче его производных – ароматические циклы, что позволяет проводить его химическую

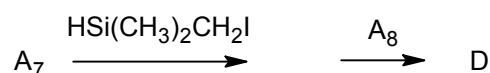
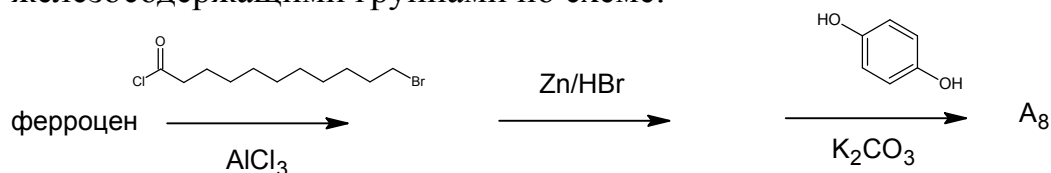
модификацию многими хорошо изученными способами. Например, разработан способ включения комплексов железа в структуру дендримеров, сообщая им электроактивные свойства. Кроме того, использование комплексов железа как одного из исходных веществ для синтеза ядра дендримера позволяет заметно упростить синтетические процедуры.



В этой схеме  $\text{A}_3$  – дендрон, последовательным наращиванием которого происходит увеличение генерации дендримера,  $\text{A}_5$  – аллилированный дендример нулевой генерации,  $\text{A}_7$  – аллилированный дендример 1-й генерации. Последовательное повторение стадий: обработка  $\text{HSi(CH}_3)_2\text{CH}_2\text{Cl}$  и реакция гидросилилирования с  $\text{A}_3$  приводит к дальнейшему увеличению генерации дендримера.

5. Расшифруйте цепочку превращений (определите и приведите структуры  $\text{A}_3$ ,  $\text{A}_5$ ,  $\text{A}_6$ ,  $\text{A}_7$ ) (3 балла).
6. Сколько аллильных групп имеется в дендримере 0-й ( $\text{A}_5$ ) и 1-й ( $\text{A}_7$ ) генераций? Выведите общую формулу для количества аллильных групп в дендримере  $i$ -й генерации (2 балла).

Полученный аллилированный дендример  $\text{A}_7$  был функционализован железосодержащими группами по схеме:



7. Приведите (с пояснениями) структуру  $\text{A}_8$  (2 балла).

8. Как меняются размеры D при окислении железосодержащих фрагментов и почему (2 балла)?

{Конец задач}

Просьба при решении задач **указывать НОМЕРА И НАЗВАНИЯ** всех задач по порядку. Если задача не решена, пишите "нет решения". Не обязательно решать все задачи (последние номера весьма сложные), Вы просто должны набрать больше баллов, чем Ваши коллеги, чтобы в этом туре победить. Удачи и спасибо за Ваши плодотворные усилия.