

**Сборник теоретических заданий для школьников 7 - 11 класса
на различных турах V Всероссийского форума - олимпиады
"Нанотехнологии - прорыв в будущее" (2011 г.)**

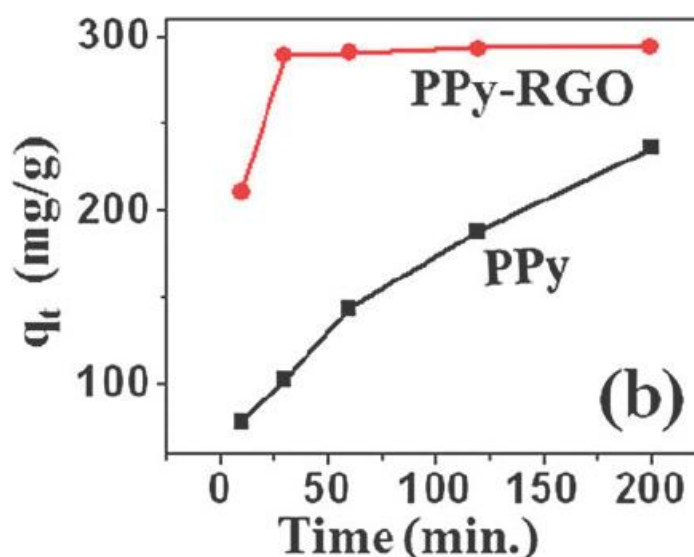
Авторы задач: научные сотрудники и преподаватели химического, биологического (кафедра биофизики), физического факультетов МГУ, факультета наук о материалах, московского центра непрерывного математического образования, БГТУ (Н.Браже, Е.Паршина, Г.В.Максимов, А.Семенова, А.Набиуллин, Е.Гудилин, В.Тимошенко, А.Чеканова, А.Беркович, Е.Макеева, А.Дроздов, В.Еремин, А.Ежов, М.Коробов, Ю.Кудряшов, Е.Смирнов, И.Трушков, А.Антипов, М.Ромашка и др.).

Очный тур

Математика

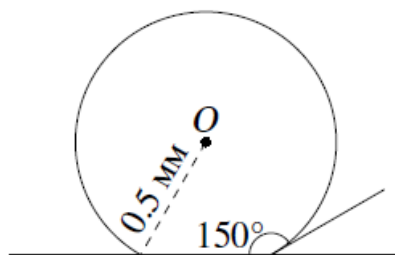
Вариативный блок простых задач

1. **Цианобактерии.** Из точки А в точку Б одновременно начали движение две цианобактерии *Synechosoccus* со скоростями 5 мкм/с и 10 мкм/с. Навстречу им из Б в А в тот же момент начал двигаться управляемый нанопропеллер со скоростью 40 мкм/с. Точки встречи пропеллера с бактериями отстоят друг от друга на 10 мкм. Найдите расстояние между А и Б.
2. **Очистка воды.** Научная группа под руководством проф. Kwang S. Kim в университете города Поханга (Корея) синтезировала композит, предназначенный для очистки воды от ионов ртути. Композит представляет собой полипиррол (polyrrole, PPy), полимеризованный на поверхности восстановленного оксида графена (reduced graphene oxide, RGO). Для композита была измерена сорбционная емкость, т. е. количество поглощенной ртути на грамм материала. На графике приведена зависимость сорбционной емкости композита PPy-RGO и чистого полипиррола PPy от времени сорбции. У какого из материалов сорбционная емкость была больше через 2 часа после начала эксперимента? Во сколько раз?



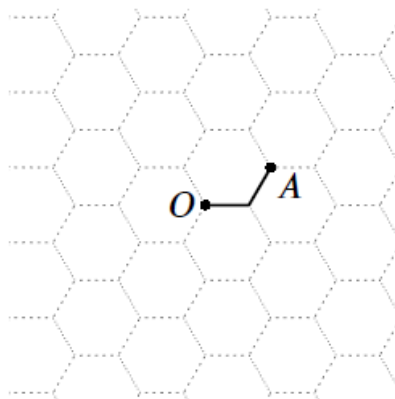
Графики зависимости сорбционной ёмкости от времени сорбции

3. **Капля.** Поверхность материала покрыта гидрофобным покрытием. На поверхности материала лежит капля воды в форме шарового сегмента радиуса 0.5 мм. Найдите площадь контакта капли с поверхностью, если краевой угол смачивания (см. рис) равен 150° .



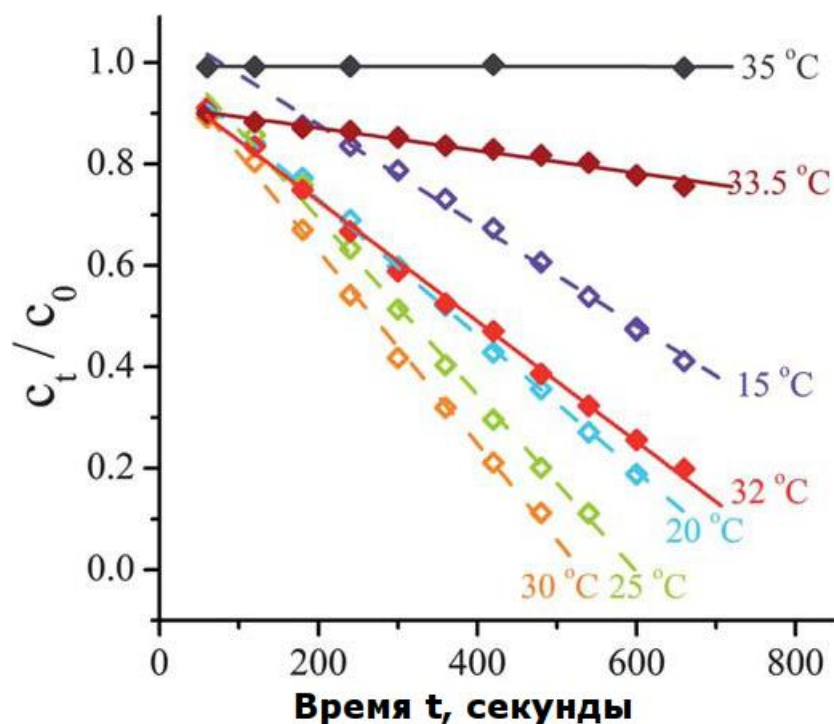
Капля воды на поверхности

4. **Представьте себе.** В настоящее время в промышленном масштабе производятся массивы из одностенных углеродных нанотрубок диаметром от 1 нм до 2 нм и длиной от 5 мкм до 20 мкм. Одна нанотрубка диаметром 1 нм и длиной 10 мкм весит $2.4 \cdot 10^{-20}$ г. Представьте себе, что из одного грамма углерода (примерно столько углерода содержится в обычном карандаше) изготовили одну нанотрубку диаметром 1 нм. Какова будет длина такой нанотрубки?
5. **Графеновая окружность.** Назовём графеновым расстоянием между двумя атомами решётки графена наименьшее количество переходов по С–С связям, которое надо совершить, чтобы попасть из одной точки в другую. Например, на рисунке слева графеновое расстояние между точками *O* и *A* равно двум. Для сколько точек решётки графеновое расстояние до точки *O* равно 3?



Сложные задачи

1. **Нановолокнистая бумага.** Японские исследователи (см. *Optically Transparent Nanofiber Paper*, Masaya Nogi, Shinichiro Iwamoto, Antonio Norio Nakagaito, Hiroyuki Yano) разработали нановолокнистую бумагу – прозрачный материал, который предлагают использовать для создания гибких дисплеев. Прозрачность этой бумаги (т.е. процент пропускаемого света) равен 70%. Какова прозрачность двух сложенных вместе листков такой бумаги?
2. **Наночастицы золота.** Недавно Weipeng Lv, Yang Wang, Wenqian Feng, Junjie Qi, Guoliang Zhang, Fengbao Zhang и Xiaobin Fan получили коллоидные частицы золота, стабилизированные декстраном. Были исследованы их каталитические свойства на примере реакции восстановления 4-нитрофенола до 4-аминофенола. Реакция проводилась при разных температурах. На графике изображена зависимость отношения ct/c_0 от времени, где c_t — концентрация 4-нитрофенола в момент времени t . При какой температуре концентрация 4-нитрофенола за 10 минут уменьшается примерно в два раза?



Графики зависимости концентрации 4-нитрофенола от времени

- Наноробот-репликатор.** Наноробот умеет строить новых нанороботов — свои точные копии. Он может построить или 1 свою копию за 2 минуты, или 2 своих копии за 3 минуты. Какое наибольшее количество нанороботов может получиться из одного за 5 минут? за 6 минут? за 7 минут? Ответ обоснуйте.
- Геометрия графена.** В графене атомы углерода расположены в узлах шестиугольной решётки. Назовём графеновым расстоянием $dC(X, Y)$ между атомами решётки X и Y наименьшее количество переходов по связям C–C, которое надо совершить, чтобы дойти из X в Y . Пусть O_1 и O_2 — два атома решётки, такие что прямая O_1O_2 параллельна одному из направлений рёбер решётки, а расстояние $dC(O_1, O_2)$ равно 100. Для каких точек решётки выполнено равенство $dC(O_1, X) + dC(X, O_2) = dC(O_1, O_2)$? Опишите множество таких точек X и найдите их количество.
- Квантовый калькулятор.** У Пети есть квантовый калькулятор, который умеет, как и обычный, за время порядка $\log N$ складывать и вычитать числа, не превосходящие N , а за время порядка $(\log N)^2$ перемножать их. Кроме того, он умеет по алгоритму Шора за время порядка $(\log N)^3$ находить собственный делитель числа N , или сообщать, что такого делителя нет. Напомним, что собственный делитель числа N — это делитель, не равный ни единице, ни N . Как при помощи такого калькулятора за время порядка $(\log m)^3$ найти хотя бы одно решение в натуральных числах x и y уравнения $x^2 + xy + y = m$?

Примечание. На самом деле квантовый калькулятор с некоторой небольшой вероятностью выдаёт неправильный ответ. Вам разрешается выдавать неправильный ответ, если квантовый калькулятор ошибся.
- Нанопроduct.** Рассчитайте величину удельной поверхности Нанопроductа, если известно, что он состоит из частиц с характерным размером (диаметром, длиной ребра,...) 5 нм, и его отдельные «гранулы» имеют форму: а) шара; б) куба; в) цилиндра ($d:h = 1:1$); г) шестигранной призмы с боковыми гранями в виде квадратов. Плотность Нанопроductа принять равной 4 г/см^3 . (3 балла) Сколько граммов Нанопроductа в каждом из четырех случаев понадобится, чтобы цепочкой

из «гранул», выстроенных в один ряд, замкнуть кольцо вокруг экватора Земли (радиус Земли принять равным 6400 км)? (1 балл)

7. **Нанотрубки.** Стенка любой нанотрубки является свернутым вдоль направления вектора R листом графита. R равен векторной сумме nr_1 и mr_2 (r_1 и r_2 задают ячейку графита, n и m – численные коэффициенты, рис. 1).

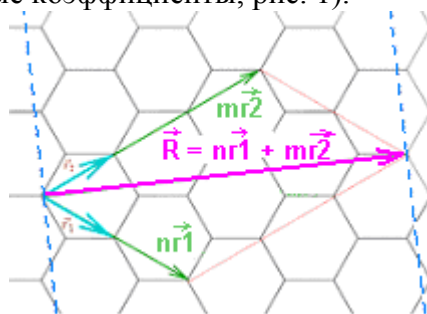


Рис. 1. Нанотрубка как свернутый лист графита. Для получения нанотрубки (n , m), графитовую плоскость надо разрезать по пунктирным линиям и свернуть вдоль направления вектора R . В этом примере $n = 2$ $m = 3$

Различают следующие типы нанотрубок:

- «зубчатые», $n = m$
- зигзагообразные, $m = 0$ или $n = 0$
- хиральные нанотрубки (все остальные значения n и m)

Если для трубки $2m + n = 3k$, где k – целое число, то трубка имеет металлическую проводимость, иначе – полупроводник. Найдите (n , m) и определите тип двух нанотрубок, представленных ниже (рис. 2), какой будет их проводимость? (4 балла)

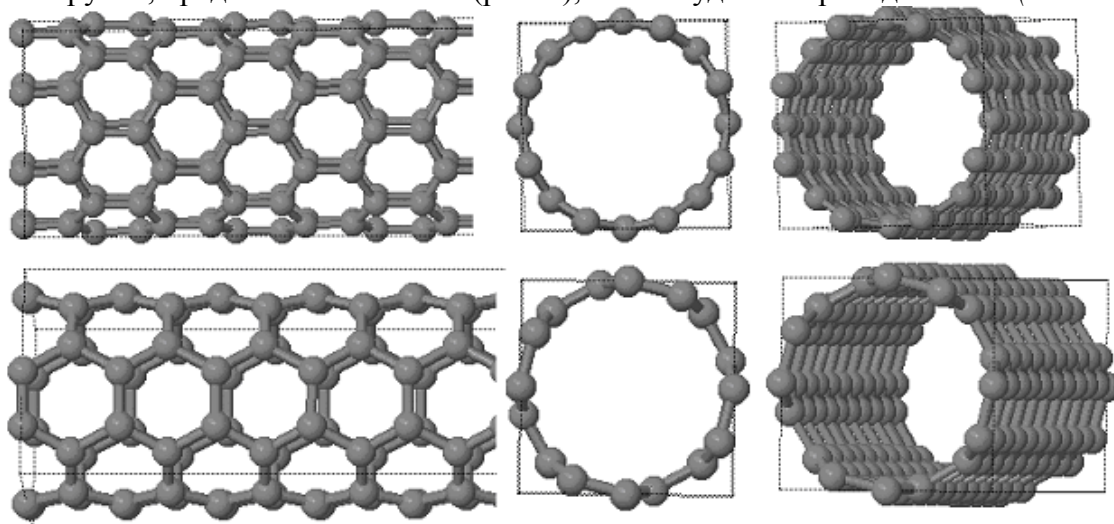
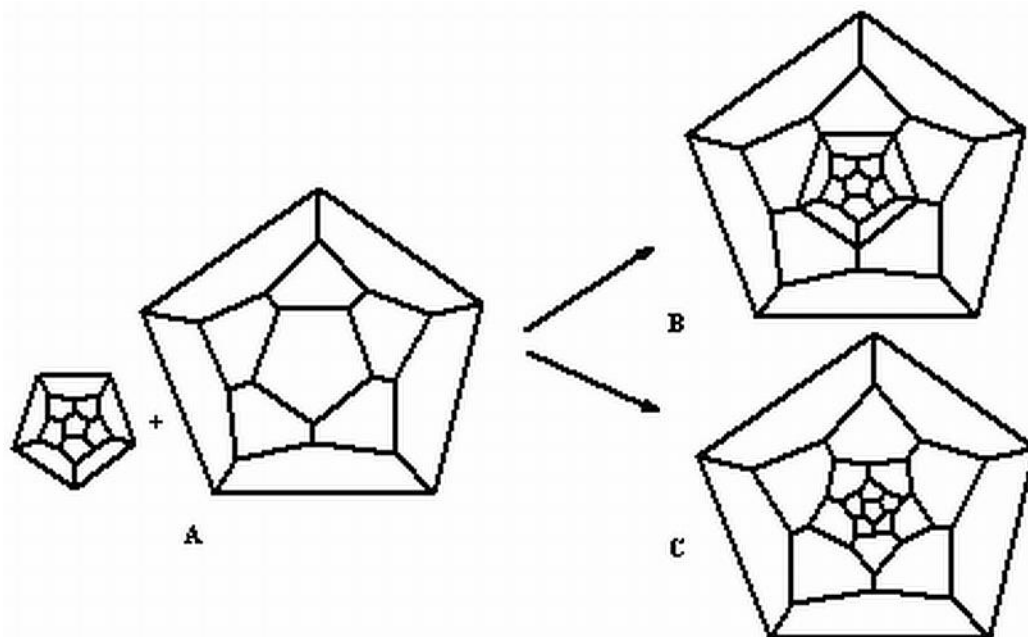


Рис. 2. Типы нанотрубок

8. **Углеродные узоры.** Юный математик Полуэкт решил записать реакцию димеризации фуллерена C_{20} (A), предположив, что наиболее вероятными продуктами реакции являются фуллерены. Он приписал им структуры B и C. При этом Полуэкт поленился расставить двойные связи, считая, что каждый атом углерода на схеме находится в sp^2 -гибридном состоянии («плоско» связан с тремя соседними атомами):



Не углубляясь в механизм реакции димеризации, обоснуйте, возможно ли образование нарисованных структур В или С? (2 балла) Действительно ли структуры А, В и С являются фуллеренами? (2 балла) Являются ли эти структуры аллотропными формами углерода (содержат только углерод)? (3 балла) Ответы аргументируйте.

Примечание. Для изображения фуллеренов на плоскости используют диаграммы Шлегеля. Диаграмма Шлегеля – это проекция трехмерного многогранника на плоскость. Проекция делается из точки, находящейся над центром одной из граней. На проекции видны все атомы и все грани.

Химия

Вариативный блок задач

Набор 1

1. Какие элементы из перечисленных ниже могут образовать наночастицы при обычных условиях? Кратко объясните, почему нельзя получить наночастицы из остальных элементов. (2 балла)
Элементы: бор, углерод, азот, кислород, фтор.
2. Определите формулу наночастицы палладия Pd_n , которая в 133 раза тяжелее атома кислорода ($A_r(Pd) = 106.4$, $A_r(O) = 16.0$). (2 балла)
3. Оцените, при каком минимальном n размер частицы Au_n может попасть в нанодиапазон? Радиус атома золота – 136 пм. ($\text{п} = 10^{-12}$). (2 балла)
4. Сколько наночастиц Pd_{100} теоретически можно получить из 1.0 нг хлорида палладия $PdCl_2$? (1 а.е.м. = $1.66 \cdot 10^{-24}$ г, $A_r(Cl) = 35.5$). (2 балла)
5. Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала – 20 нм, а второго – 100 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз? Объясните. (2 балла)

Набор 2

1. Какие элементы из перечисленных ниже могут образовать наночастицы при обычных условиях? Кратко объясните, почему нельзя получить наночастицы из остальных элементов. (2 балла)
Элементы: алюминий, кремний, хлор, аргон, железо.
2. Определите формулу наночастицы платины Pt_n , которая в 13 раз тяжелее молекулы фуллерена C_{60} ($A_r(Pt) = 195.1$, $A_r(C) = 12.01$). (2 балла)
3. Оцените, при каком минимальном n размер частицы Mo_n может попасть в нанодиапазон? Радиус атома молибдена – 154 пм. ($\pi = 10^{-12}$). (2 балла)
4. Сколько наночастиц Pt_{100} теоретически можно получить из 1.0 нг хлорида платины $PtCl_4$? (1 а.е.м. = $1.66 \cdot 10^{-24}$ г, $A_r(Cl) = 35.5$). (2 балла)
5. Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала – 15 нм, а второго – 60 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз? Объясните. (2 балла)

Набор 3

1. Какие элементы из перечисленных ниже могут образовать наночастицы при обычных условиях? Кратко объясните, почему нельзя получить наночастицы из остальных элементов. (2 балла)
Элементы: водород, титан, хром, бром, криптон.
2. Определите формулу наночастицы платины Pt_n , которая в 26 раз тяжелее молекулы фуллерена C_{70} ($A_r(Pt) = 195.1$, $A_r(C) = 12.01$). (2 балла)
3. Оцените, при каком минимальном n размер частицы Pd_n может попасть в нанодиапазон? Радиус атома палладия – 139 пм. ($\pi = 10^{-12}$). (2 балла)
4. Сколько наночастиц Pt_{200} теоретически можно получить из 4.0 нг хлорида платины $PtCl_4$? (1 а.е.м. = $1.66 \cdot 10^{-24}$ г, $A_r(Cl) = 35.5$). (2 балла)
5. Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала – 20 нм, а второго – 100 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз? Объясните. (2 балла)

Набор 4

1. Какие элементы из перечисленных ниже могут образовать наночастицы при обычных условиях? Кратко объясните, почему нельзя получить наночастицы из остальных элементов. (2 балла)
Элементы: гелий, бериллий, палладий, ртуть, золото.
2. Определите формулу наночастицы молибдена Mo_n , которая в 3 раза тяжелее наночастицы титана Ti_{60} ($A_r(Mo) = 95.9$, $A_r(Ti) = 47.9$). (2 балла)
3. Оцените, при каком минимальном n размер частицы Pt_n может попасть в нанодиапазон? Радиус атома платины – 136 пм. ($\pi = 10^{-12}$). (2 балла)
4. Сколько наночастиц $(TiO_2)_{300}$ теоретически можно получить из 1.0 нг титана? (1 а.е.м. = $1.66 \cdot 10^{-24}$ г, $A_r(O) = 16.0$). (2 балла)
5. Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала – 50 нм, а второго – 20 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз? Объясните. (2 балла)

Набор 5

1. Какие элементы из перечисленных ниже могут образовать наночастицы при обычных условиях? Кратко объясните, почему нельзя получить наночастицы из остальных элементов. (2 балла)
Элементы: азот, сера, иод, молибден, платина.

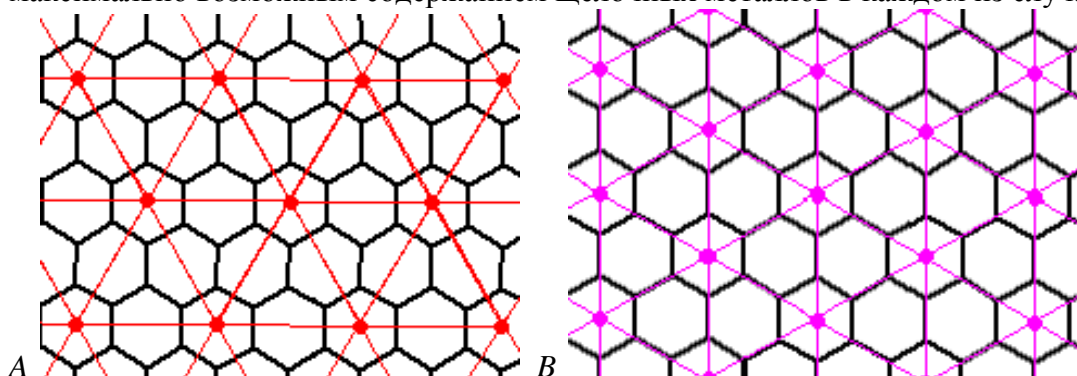
- Определите формулу наночастицы золота Au_n , которая в 344 раза тяжелее атома серы ($A_r(Au) = 196.97$, $A_r(S) = 32.06$). (2 балла)
- Оцените, при каком минимальном n размер частицы Fe_n может попасть в нанодиапазон? Радиус атома железа – 132 пм. ($n = 10^{-12}$). (2 балла)
- Сколько наночастиц Au_{55} теоретически можно получить из 1.0 нг хлорида золота $AuCl_3$? (1 а.е.м. = $1.66 \cdot 10^{-24}$ г, $A_r(Cl) = 35.5$). (2 балла)
- Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала – 200 нм, а второго – 40 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз? Объясните. (2 балла)

Набор 6

- Одностенные углеродные нанотрубки получают разложением метана на Ni-катализаторе. Рассчитайте, какой объем метана (н.у) потребуется для получения 6 граммов нанотрубок. (2 балла)
- Известно, что горение наночастиц алюминия может сопровождаться мощным объемным взрывом. Определите какое количество кислорода (л, н.у.) потребуется для полного сгорания пробы частиц алюминия сферической формы с диаметром 10 нм и суммарной площадью поверхности 100 м^2 . (1 балл) Какое количество тепла выделится в результате объемного взрыва, вызванного горением этого количества наночастиц алюминия, если при горении 1 моль Al выделяется энергия 10,7 кДж (1 балл). Плотность алюминия $2,7 \text{ г/см}^3$.
- Катализатор получают пропиткой мезопористого Al_2O_3 раствором $Pd(NO_3)_2$ с последующим отжигом при 400°C . Масса Al_2O_3 после пропитки и отжига составляет 100,25 % от начальной массы. Рассчитайте количество активного вещества (моль), находящегося в 100 граммах катализатора. (2 балла)
- В результате гидролиза тетрахлорида титана при температуре 5°C образовалось вещество белого цвета, прокаливание которого при температуре 1000°C приводит к потере 35% массы. Определите, вещество какого состава образовалось в процессе гидролиза тетрахлорида титана. (2 балла)
- Наночастицы PbS получают пропусканием сероводорода через раствор $Pb(NO_3)_2$, содержащий поливиниловый спирт. Определите минимальный объем (н.у.) H_2S , необходимый для полного проведения реакции образования PbS в 1 литре 0,01M раствора $Pb(NO_3)_2$. (1 балл) Каким способом можно выделить полученные из раствора частицы PbS? (1 балл)

Сложные задачи

- Интеркаляты.** Внедрение атомов щелочных металлов между слоями графита является одним из этапов химического подхода к созданию углеродных наноматериалов. На рисунке представлены два таких соединения внедрения с максимально возможным содержанием щелочных металлов в каждом из случаев.



- 1) Определите химическую формулу соединений *A* и *B*. Какое из них отвечает калию, а какое литию? Ответы обоснуйте. (3 балла)
 - 2) Каково координационное число атомов металла в каждом из случаев, если при интеркаляции половина графеновых листов в графите смещается так, что все атомы углерода в соединении внедрения находятся друг над другом? (1 балл)
 - 3) Напишите уравнение реакции *A* и *B* со спиртом, что при этом образуется? Объясните. (2 балла)
 - 4) Где могут применяться соединения *A*, *B* и продукт их взаимодействия с водой? (2 балла)
2. **Нанохимия кремлевских звезд.** Первые кремлевские звезды из рубинового стекла были установлены в 1937 году. Современное остекление они получили сразу после Великой отечественной войны. Сейчас звезды представляют собой стальной каркас, заполненный рубиновым и молочно-белым стеклом, прослоённым прозрачным хрустальным. Молочное стекло рассеивает свет ламп и отражает значительную долю дневного света, тем самым делая рубиновое стекло светлее. Окрашивание стекла в рубиново-красный цвет объясняется присутствием в нем наночастиц вещества X_1 . Для их синтеза используют желтый порошок X_2 (бинарное соединение, встречающееся в природе в виде минерала, массовая доля одного из элементов равна 22.16%) и простое вещество X_3 серого цвета с неярким серебристым блеском. Эти вещества вводят в расплавленное стекло и нагревают его в печи. Известно, что X_3 легко сгорает в кислороде, причем продукт этой реакции дает с водным раствором газа, образующегося при обжиге X_2 на воздухе, другую аллотропную форму вещества X_3 красного цвета. А обжиг X_2 в кислороде приводит к образованию коричневого соединения X_4 , которое легко восстанавливается водородом до металла.
- 1) Что происходит при взаимодействии X_2 с X_3 ? (2 балла)
 - 2) Запишите уравнения всех упомянутых реакций и назовите все неизвестные вещества. (4 балла)
 - 3) Какие частицы придают стеклу рубиново-красный цвет? (1 балл)
 - 4) Приведите способ получения этих веществ в виде коллоидного раствора. (2 балла)
3. **Нано-абразив.** В СССР для увеличения срока службы двигателей внутреннего сгорания использовался моталин - пентакарбонил железа. Его добавляли в топливо, и при сгорании такого топлива образовывался мельчайший абразивный порошок, размеры которого можно было регулировать. Моталин добавили к топливу – чистому изооктану, который количественно и стехиометрически сгорает в смеси с воздухом с образованием диоксида углерода и воды. Топливно-воздушная смесь формируется при впрыске жидкого топлива в камеру сгорания, содержащую воздух, при начальной температуре 500°C и давлении 10 атм. При сгорании моталина образовались кубические частицы размером 100 нм и плотностью 5.1 г/см³, причем одна частица формируется из объёма 0,01 мм³. Массовая доля железа в этих частицах в 2.45 раза больше, чем в моталине. Температуру и давление в процессе горения считайте постоянными. Изменением давления при впрыске пренебречь, при расчетах, где нужно, смесь считать чистым воздухом (без примеси топлива).
- 1) Что такое «октановое число» топлива и зачем его пытаются повысить для дорогих «марок» бензина? (2 балла)
 - 2) Напишите уравнения реакций окисления топлива и моталина. (2 балла)
 - 3) Рассчитайте массовую долю моталина в топливе, исходя из приведенных данных. (5 баллов)

4. **Философская шерсть.** Юный химик Вася решил воспроизвести опыты древних алхимиков и получить "философскую шерсть". Для этого он взял металл A , который известен с древних времён в Китае и Египте и вскипятил его (буквально) в атмосфере аргона. Полученный ток раскалённого газа, содержащий пары металла, он смешал с кислородом и пропустил через слой асбеста ($Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$). В результате он получил... странный асбест! Вася решил, что его опыт не удался и попытался выделить исходный металл A , восстановив его синтез - газом, для чего пропустил синтез - газ через раскалённый "странный асбест". Но непокорный материал и тут отличился: "странный асбест" остался неизменным, а на выходе сконденсировалась бесцветная, летучая и горючая жидкость. Определив, что жидкость к тому же изрядно ядовита, Вася призадумался. Сплавив асбест с избытком щёлочи, обработав плав водой, затем залив его избытком соляной кислоты и выделив чистый хлорид, Вася определил, что тот содержит 47,8% металла, как и ожидалось.

- 1) Определите металл A (2 балла) и назовите, что такое "философская шерсть". (1 балл)
- 2) Что происходило с синтез-газом и что за жидкость получилась (2 балла), в чем заключалась роль "странного асбеста"? (1 балл)
- 3) Напишите уравнения всех описанных реакций, включая реакции, использовавшиеся для выделения хлорида металла. (4 балла)

5. **Модификация фуллерена.** Высокая электроотрицательность фуллерена C_{60} позволяет использовать его при изготовлении солнечных батарей, в нанoeлектронике и наномедицине. Еще большую электроотрицательность имеют фторфуллерены. Высшим полифторфуллереном является $C_{60}F_{48}$, который получают прямым фторированием фуллерена. Обработка C_{60} фторидами металлов, находящихся в высших степенях окисления (MnF_3 , CeF_4 , K_2PtF_6 и т.п.) приводит к фторфуллеренам с меньшим содержанием фтора. В одном из них $\omega_C = 67.82\%$.

- 1) Определите молекулярную формулу этого полифторфуллерена. (2 балла)

В 2010 г. было изучено взаимодействие C_{60} с AsF_5 в жидком SO_2 . После окончания реакции и упаривания летучих продуктов был выделен продукт A , содержащий 65.61 масс.% углерода. Наилучший выход A достигается при соотношении $C_{60}:AsF_5 = 1:3$. Полученное соединение – очень эффективный акцептор электронов. Оно легко восстанавливается, например, иодидом натрия. Кроме того, A даже при комнатной температуре проявляет слабую электрическую проводимость. Однако в отличие от обычных полифторфуллеренов A оказался неустойчивым на воздухе, а продукт его восстановления не содержит фтора.

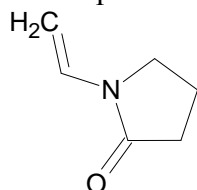
- 2) Определите формулу вещества A и предположите его возможное строение. (3 балла)
- 3) Напишите уравнения реакции образования A и реакции A с иодидом натрия. (2 балла)

Примечание. Поскольку молекулы полигалогенфуллеренов содержат большое число атомов, для расчета необходимо использовать точные, а не округленные атомные массы элементов.

6. **Наноклей.** В технике широкое применение находят так называемые компрессионные клеи – адгезивы, прочно соединяющие поверхности деталей при кратковременном приложении давления.

- 1) Какими свойствами должен обладать адгезив, склеивающий поверхности за счет внешнего давления? Примечание: рассмотрите механические свойства (вязкость и упругость) и молекулярную структуру адгезива (типы внутри- и межмолекулярных взаимодействий, полярность и гидрофильность молекул и пр.). (2 балла)

Пример такого клея – смесь поли-N-винилпирролидона и полиэтиленгликоля. Каждый из этих полимеров сам по себе адгезивом не является, но их смесь при определенном соотношении компонентов и их степенях полимеризации за счет структурирования на наноуровне склеивает даже тефлоновые детали, к которым обычный клей не "прилипает".



N-винилпирролидон

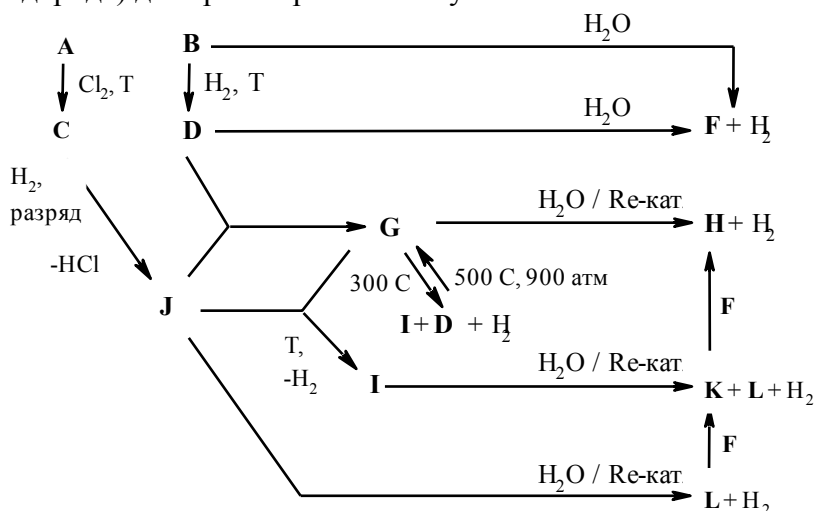
- 2) Приведите структуры повторяющихся звеньев указанных полимеров. Каким методом (радикальная, ионная полимеризация, поликонденсация) можно синтезировать каждый из этих полимеров? Исходя из схемы инициирования, роста и обрыва цепи при синтезе укажите, какие группы присутствуют на концах полученных макромолекул. (3 балла)

Наилучшими адгезионными свойствами проявляют смеси высокомолекулярного поли-N-винилпирролидона с небольшим содержанием короткоцепочечного (олигомерного) полиэтиленгликоля. На свойства клея сильно влияет относительная влажность окружающего воздуха.

- 3) Какие функциональные группы полимеров взаимодействуют при их смешении и по какому механизму (ковалентная связь, ионная связь, водородная связь, ван-дер-ваальсовы взаимодействия, что-то еще)? Обратимо ли это взаимодействие? (4 балла)

- 4) Почему качество клея ухудшается при использовании а) высокомолекулярного полиэтиленгликоля и б) большого избытка олигомерного полиэтиленгликоля? При необходимости иллюстрируйте ваши ответы схемами взаимного расположения цепей полимеров и взаимодействующих групп в структурированных смесях. (2 балла)

7. **От энергетики до медицины.** Разнообразные производные элемента А находят широкое применение от энергетики (возобновляемые и невозобновляемые источники водорода) до терапии раковых опухолей.



- 1) Расшифруйте схему превращений и напишите уравнения соответствующих реакций (4 балла), если известно, что

- A и B – простые вещества;
- содержание водорода в J составляет 21.7 масс.%;
- соотношение масс A/B в соединении I равно 9,4;

- содержание самого легкого из элементов в I составляет 7,7 масс.%. Каково строение аниона, входящего в I , если он представляет собой высокосимметричный «дианион»? (2 балла)
- 2) Разработка наиболее экономичных и эффективных способов хранения водорода представляет собой одну из главных технологических проблем водородной энергетики. Материал является перспективным, если из него можно обратимо извлекать не менее 6 % водорода по массе. Соединения D , G , I , J могут, вероятно, рассматриваться как портативные источники водорода, который образуется при их взаимодействии с водой. Найдите массовые доли получающегося водорода (соотношения реагентов считать стехиометрическим), а также сравните эти соединения с точки зрения удобства получения водорода. (2 балла) Можно ли считать их перспективными для хранения водорода и почему? (2 балла)
- 3) Соединение I термически стабильно до ~ 500 °С, входящий в его состав анион устойчив к действию многих кислот и щелочей. Производные I малотоксичны и перспективны для радиотерапии раковых опухолей тепловыми нейтронами. На чем основано такое их применение? (3 балла)

Физика

Вариативный блок простых задач

Набор 1

1. 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.
2. Оценить минимальную массу наночастицы, которую можно измерить с помощью кварцевого резонатора, работающего на некоторой частоте ω_0 . Предполагается, что наночастица прилипает к поверхности кварцевого резонатора в виде пластины, масса которой $m = 1$ г. Полагать, что можно измерить частоту, отличающуюся от резонансной, более чем на $\varepsilon = 0,0001\%$.
3. Две одинаковые наночастицы, летящие навстречу друг другу, испытывают абсолютно неупругое соударение. Частицы имеют кинетические энергии по $E = 10^{-15}$ Дж каждая. В результате соударения температура образовавшейся частицы увеличивается на $\Delta T = 1$ К. Найти массу наночастицы, если удельная теплоемкость ее вещества $c = 0,5$ кДж/(кг·К).
4. Найти число наночастиц кремния N , если известна их масса $M = 1.6$ мг, радиус $r = 100$ нм и плотность кремния $\rho = 2.3$ г/см³.
5. Масс-спектропия наночастиц. Для разделения наночастиц по размерам используется масс-спектрометр. Заряженные наночастицы разных размеров по-разному отклоняются во внешнем магнитном поле, перпендикулярном вектору скорости. Найти радиус траектории R золотой наночастицы во внешнем поле $B = 10^{-3}$ Тл. Скорость наночастицы $v = 2$ м/с, радиус наночастицы $r = 10$ нм, а ее заряд равен заряду электрона. Плотность золота 19 г/см³.

Набор 2

1. 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 30 нм. Относительное удлинение пьезоэлектрика $\varepsilon = 0,02\%$, коэффициент поверхностного натяжения чернил $40 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Чернила считать смачивающими поверхность дюз.
- Оценить минимальную массу наночастицы, которую можно измерить с помощью кварцевого резонатора, работающего на некоторой частоте ω_0 . Предполагается, что наночастица прилипает к поверхности кварцевого резонатора в виде пластины, масса которой $m = 2$ г. Полагать, что можно измерить частоту, отличающуюся от резонансной, более чем на $\varepsilon = 0,0003\%$.
 - Две одинаковые наночастицы, летящие навстречу друг другу, испытывают абсолютно неупругое соударение. Частицы имеют кинетические энергии по $E = 10^{-15}$ Дж каждая. В результате соударения температура образовавшейся частицы увеличивается на $\Delta T = 2$ К. Найти массу наночастицы, если удельная теплоемкость ее вещества $c = 0,7$ кДж/(кг·К).
 - Найти число наночастиц кремния N , если известна их масса $M = 1.9$ мг, радиус $r = 80$ нм и плотность кремния $\rho = 2.3$ г/см³.
 - Масс-спектрометрия наночастиц. Для разделения наночастиц по размерам используется масс-спектрометр. Заряженные наночастицы разных размеров по-разному отклоняются во внешнем магнитном поле, перпендикулярном скорости. Найти радиус траектории R серебряной наночастицы во внешнем поле $B = 10^{-3}$ Тл. Скорость наночастицы $v = 2$ м/с, радиус наночастицы $r = 10$ нм, а ее заряд равен заряду электрона. Плотность серебра 10.5 г/см³.

Набор 3

- 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 70 нм. Относительное удлинение пьезоэлектрика $\varepsilon = 0,03\%$, коэффициент поверхностного натяжения чернил $30 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Чернила считать смачивающими поверхность дюз.
- Оценить минимальную массу наночастицы, которую можно измерить с помощью кварцевого резонатора, работающего на некоторой частоте ω_0 . Предполагается, что наночастица прилипает к поверхности кварцевого резонатора в виде пластины, масса которой $m = 3$ г. Полагать, что можно измерить частоту, отличающуюся от резонансной, более чем на $\varepsilon = 0,0004\%$.
- Две одинаковые наночастицы, летящие навстречу друг другу, испытывают абсолютно неупругое соударение. Частицы имеют кинетические энергии по $E = 10^{-15}$ Дж каждая. В результате соударения температура образовавшейся частицы увеличивается на $\Delta T = 3$ К. Найти массу наночастицы, если удельная теплоемкость ее вещества $c = 1$ кДж/(кг·К).
- Найти число наночастиц кремния N , если известна их масса $M = 2$ мг, радиус $r = 50$ нм и плотность кремния $\rho = 2.3$ г/см³.
- Масс-спектрометрия наночастиц. Для разделения наночастиц по размерам используется масс-спектрометр. Заряженные наночастицы разных размеров по-разному отклоняются во внешнем магнитном поле, перпендикулярном скорости. Найти радиус траектории R кремниевой наночастицы во внешнем поле $B = 10^{-3}$ Тл. Скорость наночастицы $v = 2$ м/с, радиус наночастицы $r = 10$ нм, а ее заряд равен заряду электрона. Плотность кремния 2.33 г/см³.

Набор 4

- 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 95 нм. Относительное удлинение пьезоэлектрика $\varepsilon = 0,015\%$, коэффициент поверхностного натяжения чернил $45 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Чернила считать смачивающими поверхность дюз.
2. Оценить минимальную массу наночастицы, которую можно измерить с помощью кварцевого резонатора, работающего на некоторой частоте ω_0 . Предполагается, что наночастица прилипает к поверхности кварцевого резонатора в виде пластины, масса которой $m = 5$ г. Полагать, что можно измерить частоту, отличающуюся от резонансной, более чем на $\varepsilon = 0,00025\%$.
 3. Две одинаковые наночастицы, летящие навстречу друг другу, испытывают абсолютно неупругое соударение. Частицы имеют кинетические энергии по $E = 10^{-15}$ Дж каждая. В результате соударения температура образовавшейся частицы увеличивается на $\Delta T = 5$ К. Найти массу наночастицы, если удельная теплоемкость ее вещества $c = 02$ кДж/(кг·К).
 4. Найти число наночастиц кремния N , если известна их масса $M = 4$ мг, радиус $r = 75$ нм и плотность кремния $\rho = 2.3$ г/см³.
 5. Масс-спектрометрия наночастиц. Для разделения наночастиц по размерам используется масс-спектрометр. Заряженные наночастицы разных размеров по-разному отклоняются во внешнем магнитном поле, перпендикулярном скорости. Найти радиус траектории R германиевой наночастицы во внешнем поле $B = 10^{-3}$ Тл. Скорость наночастицы $v = 2$ м/с, радиус наночастицы $r = 10$ нм, а ее заряд равен заряду электрона. Плотность германия 5.3 г/см³.

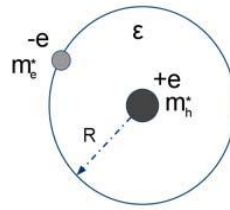
Набор 5

1. 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 99 нм. Относительное удлинение пьезоэлектрика $\varepsilon = 0,011\%$, коэффициент поверхностного натяжения чернил $55 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Чернила считать смачивающими поверхность дюз.
2. Оценить минимальную массу наночастицы, которую можно измерить с помощью кварцевого резонатора, работающего на некоторой частоте ω_0 . Предполагается, что наночастица прилипает к поверхности кварцевого резонатора в виде пластины, масса которой $m = 0.1$ г. Полагать, что можно измерить частоту, отличающуюся от резонансной, более чем на $\varepsilon = 0,00001\%$.
3. Две одинаковые наночастицы, летящие навстречу друг другу, испытывают абсолютно неупругое соударение. Частицы имеют кинетические энергии по $E = 10^{-15}$ Дж каждая. В результате соударения температура образовавшейся частицы увеличивается на $\Delta T = 1.5$ К. Найти массу наночастицы, если удельная теплоемкость ее вещества $c = 0,25$ кДж/(кг·К).
4. Найти число наночастиц кремния N , если известна их масса $M = 16$ мг, радиус $r = 10$ нм и плотность кремния $\rho = 2.3$ г/см³.
5. Масс-спектрометрия наночастиц. Для разделения наночастиц по размерам используется масс-спектрометр. Заряженные наночастицы разных размеров по-разному отклоняются во внешнем магнитном поле, перпендикулярном скорости. Найти радиус траектории R платиновой наночастицы во внешнем поле $B = 10^{-3}$ Тл. Скорость наночастицы $v = 2$ м/с, радиус наночастицы $r = 10$ нм, а ее заряд равен заряду электрона. Плотность платины 21.5 г/см³.

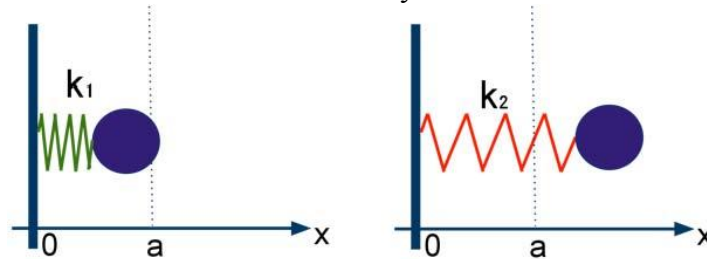
Сложные задачи

1. Экситон – это связанное состояние электрона e и дырки h (дырка – это отсутствие электрона, можно считать частицей с зарядом $+e$) в полупроводнике. Он возникает за счет кулоновского взаимодействия. Оценить радиус экситона и сравнить его с

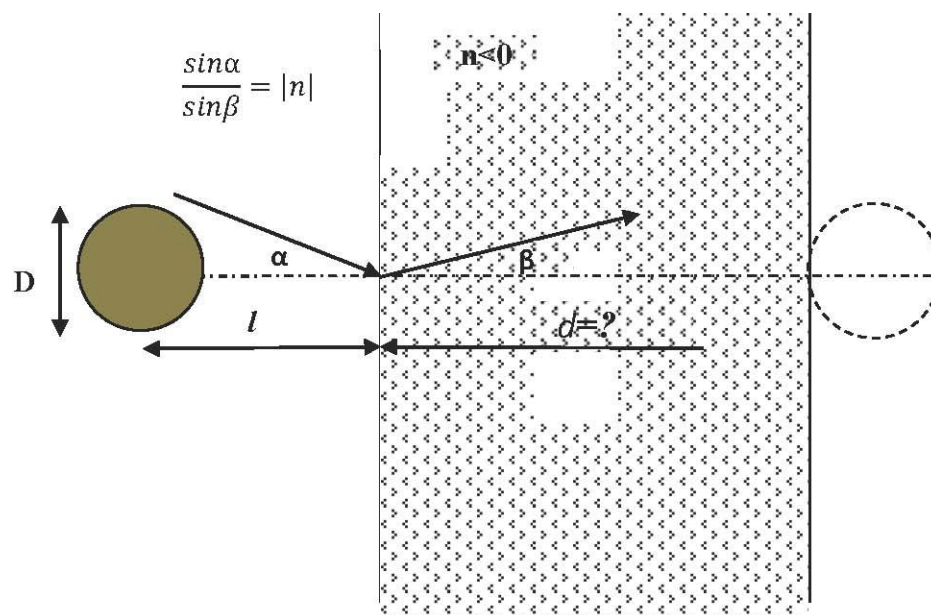
характерным межатомным расстоянием $a = 3 \text{ \AA}$. Эффективная масса электрона $m = 0.067m_e$, эффективная масса дырки $m = 0.12m_e$, диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 10$ (GaAs).



2. При описании колебания молекул вблизи металлических поверхностей используется модель осциллятора. При этом считается, что молекула представляет собой материальную точку с заданной массой m , прикрепленную на пружинке к плоскости. Если молекула находится на расстоянии $x < a$ от поверхности, то коэффициент жесткости пружинки равен $k = k_0$, а если молекула находится на расстояниях $x \geq a$, то коэффициент жесткости $k = 3k_0$. Найти период колебаний молекулы, если в начальный момент молекула находилась в точке $b = \sqrt{2}a$.



3. Какого размера должна быть солнечная батарея с КПД $\eta = 33\%$, расположенная на экваторе поверхности Земли, чтобы обеспечить электроэнергией страну с потреблением энергии 10^9 кВт·ч/год? Светимость Солнца (количество энергии, излучаемой в единицу времени) $PS = 3.8 \cdot 10^{26}$ Вт, расстояние от Земли до Солнца $R = 1.5 \cdot 10^{11}$ м.
4. Максимальное количество информации, которое можно записать на пластинку современного жесткого диска ($S = 25 \text{ см}^2$), составляет $\Gamma = 1 \text{ Тб}$. Один бит информации в таком жестком диске записывается как магнитный момент одного ферромагнитного домена. Представим себе жесткий диск будущего, в котором 1 бит информации записывается на единичные атомные спины, которые расположены на расстоянии $a = 5 \text{ \AA}$. Какова максимальная вместимость пластины жесткого диска будущего того же размера S , если считать, что один байт информации можно записать в один атом? (1 байт = 8 бит, $1 \text{ Тб} \approx 10^{12}$ байт)
5. **Суперлинза (10 баллов).** Одним из ожидаемых продуктов нанотехнологий является так называемая суперлинза или линза Веселаго (названная так по имени предложившего ее советского ученого В.Г.Веселаго), которая не имеет дифракционных ограничений разрешающей способности и поэтому может быть использована для построения изображений в сверхточной фотолитографии. Такая линза представляет собой плоскопараллельную пластинку из вещества с заданной структурой нананоуровне (метаматериал) с отрицательным показателем преломления ($n < 0$). Распространение лучей света в метаматериале формально подчиняется законам геометрической оптики, в частности, выполняется закон преломления (закон Снеллиуса), однако преломленный и падающий луч лежат в одной полуплоскости по отношению к нормали к границе раздела, как показано на рисунке.

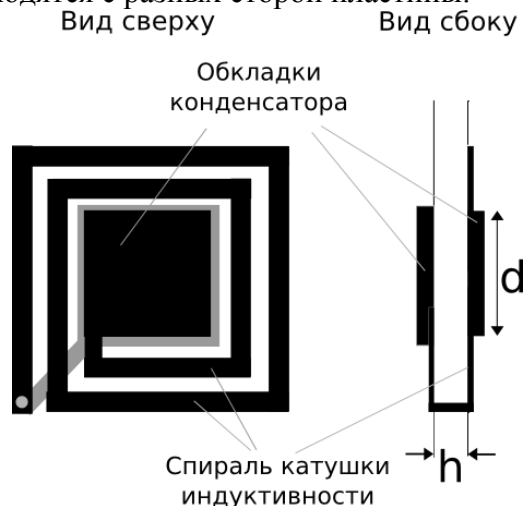


Ответить, пользуясь законами геометрической оптики на следующие вопросы:

- 1) Будет ли суперлинза фокусировать параллельный пучок света, падающий на нее под некоторым углом? (1 балл)
 - 2) Может ли изображение быть действительным? (1 балл)
 - 3) Можно ли получить в суперлинзе уменьшенное изображение предмета? (3 балла)
 - 4) При какой толщине суперлинзы d , имеющей относительный показатель преломления $n = -2$, изображение квантовой точки диаметром $D = 5$ нм, находящейся на расстоянии $l = 10$ нм, будет касаться ее обратной поверхности, как показано на рисунке? Углы падения и преломления для простоты можно полагать малыми, такими, что выполняется условие $\text{tg } \alpha \sim \sin \alpha \sim \alpha$. (5 баллов)
6. **С₆₀ и гелий.** Рассчитайте гипотетически давление гелия (в атмосферах) при 25°C во внутренней полости фуллерена в эндоэдральном комплексе He@C₆₀. Диаметр фуллерена принять равным 0,7 нм, размерами атомов пренебречь. (2 балла)
Имеет ли смысл подобный расчет с точки зрения молекулярно - кинетической теории? Свой ответ аргументируйте? (3 балла)
Условия синтеза фуллерена подразумевают высокую температуру (1000°C) и пониженное давление инертного газа (100 мм.рт.ст. He). Рассчитайте, на сколько молекул C₆₀ в продукте синтеза приходится одна молекула He@C₆₀. (2 балла)
Считать 1 атм = 101325 Па.
7. **Пузырь.** Мыльный пузырь диаметром 5 см с невесомой оболочкой наполнен смесью углекислого газа и гелия, плотность которой составляет 0.99 от плотности воздуха. Пузырь поместили в аэрозоль золотых наночастиц диаметром 50 нм.
- 1) Сколько наночастиц должно прилипнуть к поверхности пузыря, чтобы его «суммарная» плотность сравнялась с плотностью воздуха? (5 баллов)
 - 2) Будет ли он при этом продолжать висеть в воздухе? (1 балл)
- Плотность золота примите равной 19,32 г/см³.
8. **Флотация.** В горной промышленности для разделения минералов применяется метод флотации (так можно пытаться добыть даже крупинки золота!). Метод основан на отличиях в смачиваемости минералов, измельченных до размеров порядка 100 мкм. Через суспензию измельченной породы в некоторой жидкости пропускают поток маленьких «пузырьков» другой жидкости, которые увлекают за собой твердые частицы породы и образуют пену на поверхности сосуда.

Эту методику можно применять для разделения наночастиц по размерам. Рассмотрим водную суспензию (частицы взвешены в воде) сферических наночастиц золота.

- 1) Какими свойствами должна обладать «пузырьковая жидкость» для разделения наночастиц? (2 балла)
 - 2) Найдите диаметр пузырьков из керосина, необходимых для разделения наночастиц на две фракции: больше и меньше $d = 10$ нм. (3 балла)
 - 3) Плотность керосина $r_{\text{liquid}} = 0,8$ г/см³, плотность золота $r_{\text{solid}} = 2,33$.
9. **Контур.** На прозрачную пластину из кварца нанесены структуры типа колебательного контура (см. рис.). Каждая структура состоит из плоской катушки индуктивности и плоского квадратного конденсатора со стороной $d = 10$ нм, обкладки которого находятся с разных сторон пластины.



- 1) Найти толщину пластины h , при которой резонансная частота данного контура будет совпадать с частотой красного света (длина волны $l = 632$ нм). (3 балла)
- 2) Какие физические явления будут происходить при прохождении света через пластину? (2 балла)

Индуктивность катушки $L = 9,54 \cdot 10^{-14}$ Гн, диэлектрическая проницаемость кварца 4.

Биология

Вариативный блок простых задач

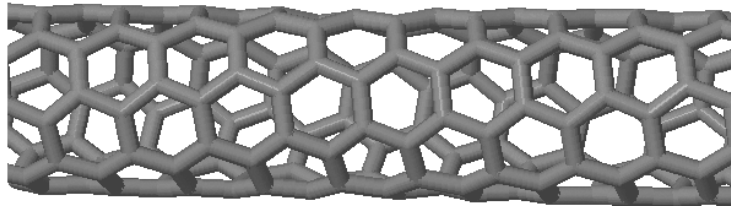
1. **Мозг, мозг...** Одно из перспективных направлений нейробиологии – использование стволовых нервных клеток для лечения травм и различных патологий мозга, связанных с гибелью нейронов. Эксперименты показывают, что подсаживание стволовых клеток в область поражения приводит к частичному замещению мертвых 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.
 - 1) Как при помощи наноматериалов (укажите, каких и почему) можно улучшить проникновение стволовых клеток в глубокие слои мозга? (2 балла)
 - 2) Как достичь направленности в движении стволовых клеток именно к поврежденным участкам? (2 балла)
 - 3) Что помогает нейрональным стволовым клеткам “ползти” в нужные места? (2 балла)

2. **Катись, катись, «колобок»!** Научившись создавать структуры, похожие на клеточные органоиды, люди теперь стремятся ими управлять. Самые простые структуры – это везикулы, пустые или наполненные нужным компонентом.
- 1) В живых клетках везикулы передвигаются по элементам цитоскелета, а как заставить направленно передвигаться искусственные везикулы? (2 балла)
 - 2) Предложите модель строения такой везикулы и поясните, каким образом можно управлять ее передвижением. (2 балла)
 - 3) Как это можно использовать на практике? (2 балла)
3. **Визуализация раковых опухолей.** В последнее время одними из перспективных экспериментальных методов в биологии для ранней диагностики опухолей являются системы неинвазивной молекулярной визуализации.
- 1) Как вы думаете, какие оптические свойства биологической ткани в ближней инфракрасной области лежат в основе этого метода? (2 балла)
- Для визуализации опухолей требуются стабильные, высокоспецифичные и чувствительные флуоресцентные зонды. Синтезируемые на основе наночастиц зонды могут преодолеть некоторые ограничения обычных органических красителей.
- 2) Опишите идеальный «нанотехнологический» биомаркер и его свойства для практической визуализации опухолевых тканей человека (2 балла).
 - 3) Для *каких* медицинских методов визуализации *какие* контрастирующие агенты применяют уже сейчас или могут быть использованы в ближайшем будущем? (2 балла)
4. **Зеленые солнечные батареи.** Известно, что эффективность разделения заряда фотосинтетическими реакционными центрами близка к 100%. Высокий квантовый выход позволяет рассматривать их в качестве перспективных фотопреобразователей световой энергии в электрическую. Расчеты показывают, что при использовании таких природных «генераторов» коэффициент полезного действия фотопреобразователя может быть существенно выше, чем у лучших современных солнечных батарей.
- 1) Предложите модель солнечной батареи на основе фотосинтетических реакционных центров. (2 балла)
 - 2) Какие достоинства и недостатки могут быть у такого прибора? (2 балла)
 - 3) Какие современные наноматериалы могут быть использованы для создания и оптимизации таких солнечных батарей? (2 баллов)
5. **На расстоянии.** Оптические спектры, которые называются спектрами комбинационного рассеяния, могут «почувствовать» изменения конфигураций некоторых биомолекул в живой клетке без ее разрушения, то есть, например, через мембрану клетки, на расстоянии до 20 – 30 нм. Для этого необходимо использовать наночастицы серебра или золота, которые очень близко подходят к мембране.
- 1) Как Вы думаете, для каких клеток и почему такой метод диагностики будет точно приемлем, а для каких – нет? (2 балла)
 - 2) Для исследования каких клеточных компонентов и структур можно использовать этот метод и почему? (2 балла)
 - 3) Как можно расширить диапазон исследуемых клеточных структур с использованием данного метода? (2 балла)
6. **Радиоактивное поражение.** В медицине в ряде случаев используют диагностику с помощью радиоактивного изотопа технеция, в том числе - в перспективе – с использованием наночастиц и капсул, как носителей. Как известно, радиоактивность очень опасна для генетического аппарата клеток.
- 1) Будет ли в этом отношении радиоактивность опасна для красных и белых кровяных телец? Фагоцитов? Аксонов? Остеобластов? Стволовых клеток? (3 балла)

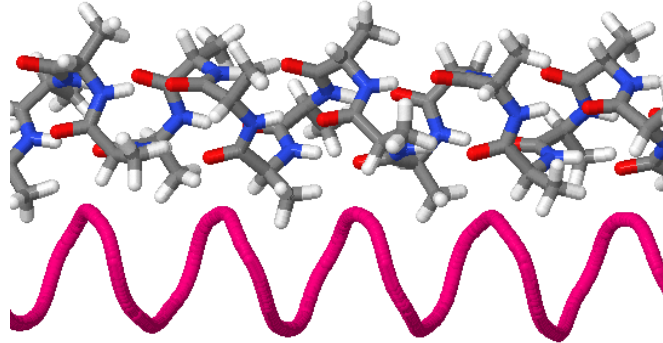
- 2) Опишите кратко функции в организме перечисленных групп клеток. (3 балла)
7. **Нанотоксикология.** К одному из наиболее распространенных опасений в отношении рисков наноматериалов для здоровья человека относится их способность проникать внутрь клеток (к их жизненно – важным органеллам). Каковы могут быть механизмы проникновения наночастиц в клетки в зависимости от их размера, формы, химического состава, заряда и какие процессы могут вызвать (запустить) такие наночастицы? (6 баллов)
8. **Аргирия.** При длительном поглощении человеком соединений серебра внутрь, в том числе наночастиц, может развиваться заболевание аргирия, при котором одним из ярких внешних признаков является резкое изменение цвета кожных покровов. Можете ли Вы объяснить причины изменения цвета? (2 балла)
Оцените опасность этого заболевания и возможность поражения различных органов, а также вероятность того, что заболевание пройдет само собой при прекращении попадания соединений серебра в организм (предположите, за счет каких процессов организм мог бы «самоочиститься» от серебра). (4 балла)
9. **Вирусы.** Чем механизм проникновения дендримеров в клетку может быть похож на проникновение в клетку вирусов? (4 балла) Для чего это можно использовать на практике? (2 балла)
10. **Изменчивость формы.** Эритроциты млекопитающих - красные кровяные клетки – имеют форму двояковогнутого диска. Однако иногда они могут принимать и другую форму.
- 1) Почему большинство эритроцитов млекопитающих имеют форму двояковогнутого диска? (1 балл)
 - 2) Опишите, какие формы и в каких условиях (по каким причинам) принимают эритроциты? (1 балл)
 - 3) Какие еще клетки (в человеческом организме и вообще в природе) могут принимать различные формы и для чего они это делают (приведите примеры)? (2 балла)
 - 4) За счет каких клеточных структур обеспечивается изменение морфологии клеток? (2 балла)
11. **Нанороботы.** Представьте, что медиками и учеными созданы нанороботы, которые циркулируют в кровеносном русле и лимфе и способны проникать в ткани, где обнаруживают раковые клетки и их уничтожают.
- 1) Каким требованиям должны отвечать такие нанороботы? (1 балл)
 - 2) Предложите способы их «подзарядки» для обеспечения работы и выведения из организма после «выхода из строя». (2 балла)
 - 3) Как проверить, накапливаются они или нет в каких-то тканях и органах и не обладают ли токсическим действием? (2 балла)
 - 4) Как оценить эффективность их работы? (1 балл)

Сложные задачи

1. **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 энантиомерам. В органической химии хиральность обычно связана с ассиметрично замещенным атомом углерода (4 различных заместителя), однако в наном мире существуют и другие типы хиральности.
- 1) За счет чего возникает хиральность нанотрубок? (2 балла)



2) На рисунке приведена α -спираль L-аланина. Опишите, каким будет ее энантиомер? Как изменится ответ, если в такой α -спирали заменить L-аланин на глицин ($\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$)? (3 балла)

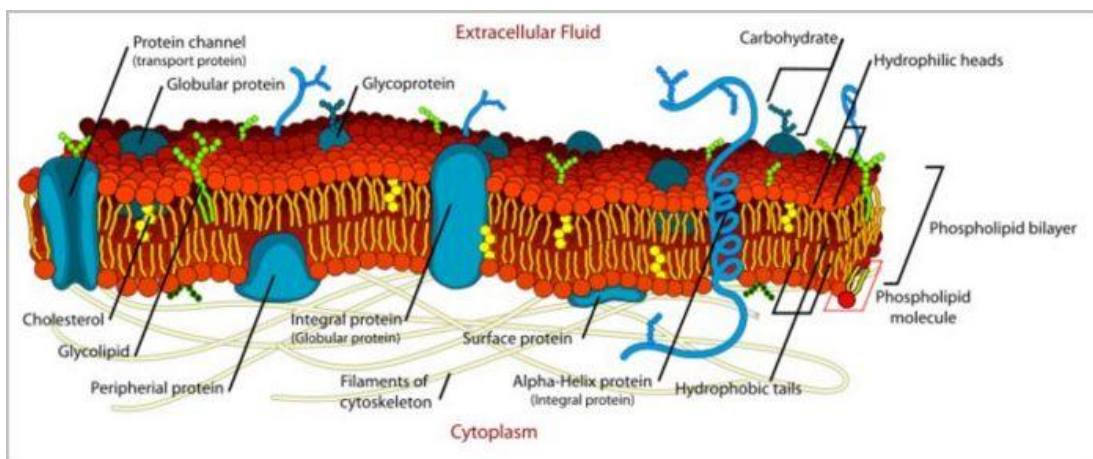


3) Могут ли энантиомеры из п. 1, 2 по-разному воздействовать на биологические объекты и почему? (2 балла) С какими тканями человеческого организма и как эти объекты будут в первую очередь взаимодействовать при пероральном, назальном, трансдермальном введении? (4 балла)

2. **Бислой.** Известно, что плазматическая мембрана живых клеток состоит из бислоя липидов и белков – интеральных, пронизывающих липидный бислой, и периферических – расположенных на внешней или внутренней поверхностях мембраны. Молекулы фосфолипидов, из которых состоит мембрана, могут отличаться по форме: иметь форму перевернутого конуса (большая полярная головка, маленький по площади гидрофобный хвост), цилиндра (полярная головка и гидрофобные хвосты равны по площади), и конуса (маленькая полярная головка, объемных гидрофобный хвост).

Лизофосфолипиды		Перевернутый конус
Фосфатидилхолин Сфингомиелин Фосфатидилсерин Фосфатидилинозитол		Цилиндр
Фосфатидилэтаноламин Моногалактозилдиглицерид		Конус

Кроме того, под мембраной расположен мембранный кортекс, или цитоскелет, образованный белками.



- 1) Какой состав должны иметь искусственные мембранные системы для формирования плоского бислоя (2 балла) и мембранных везикул с большой кривизной – липосом? (2 балла) В каком случае бислоем формироваться не будет? (2 балла)
- 2) Для изменения формы клетки и для образования пузырьков при экзо- и эндоцитозе необходимо изменять кривизну мембраны – делать ее выпуклой или вогнутой. Какие механизмы могут лежать в основе образования участков мембраны с большой кривизной? (3 балла)
3. **Токсины.** Основные симптомы многих заболеваний (дифтерия, коклюш, холера, ботулизм, столбняк) являются результатом действия токсинов, производимых (микро)организмами. Многие из самых сильных ядов принадлежат к бактериальным токсинам. Однако токсины, как правило, весьма лабильны (теряют токсические свойства, например, при нагревании). Действие токсинов может заключаться в разрушении клеток, нарушении их работы, изменении нормальной передачи сигналов.
 - 1) Что представляют собой вырабатываемые бактериями токсины, приведите известные Вам примеры? (2 балла)
 - 2) С какой целью они вырабатываются бактериями, если известно, что различные токсины нарушают работу клеток как в месте обитания бактерий, так и сравнительно далеко от него, а также могут действовать не только на животных? (2 балла)
 - 3) Бактериальные токсины представляют собой довольно совершенное нанотехнологическое изобретение и состоят из нескольких частей. Как вы думаете, какую функцию выполняет каждая из них в человеческом организме? Где это может найти практическое применение? (3 балла)

Некоторая болезнь вызывается определенной бактерией, попадающей в организм человека с пищей. Данная бактерия поселяется в кишечнике и начинает вырабатывать токсин, попадающий в кровь и вызывающий отравление.

 - 4) Приведите, по крайней мере, 3 общеизвестных примера использования нанобъектов для борьбы с такой болезнью. Предложите еще несколько способов лечения с использованием нанотехнологий. При этом укажите, на что направлено действие лекарства в каждом конкретном случае, и каким будет способ его введения. (3 балла)
 - 5) В Вашем распоряжении есть выделенный токсин. Каким образом его надо использовать и как сделать "лекарство" для защиты от возможного отравления человека этим токсином в будущем, если это возможно? (2 балла)

Ботулотоксин – один из наиболее сильных ядов, вырабатывается бактерией рода клостридий в анаэробных условиях, и может накапливаться в некоторых продуктах

питания, например в консервах и колбасах. Ключевой стадией молекулярного механизма токсического действия является «разрезание» критического для функционирования клетки белка SNAP25.

6) На какой (какие) тип (типы) клеток действуют самые сильные бактериальные токсины? (2 балла)

7) Процедура выявления бутулотоксина требует много времени и включает в себя опыты над животными. Придумайте и кратко опишите схему (использованные компоненты, как это работает) определения этого токсина с использованием нанотехнологий. При этом учтите, что, поскольку бактериальные токсины относятся к самым сильным ядам (смертельная доза составляет десятки нанограммов на килограмм), необходимо уметь детектировать крайне низкие концентрации токсина. (2 балла)

4. **На пути к искусственной клетке.** В 2010 году ученым удалось синтезировать искусственный геном и пересадить его в чужеродную бактерию, получив при этом полноценную «синтетическую клетку», управляемую только этим геномом. А пока научное сообщество обсуждает перспективы этого открытия, вспомним о других видах «искусственных клеток» - образованиях, выполняющих функции, присущие определенным клеткам организма.

Первые искусственные клетки нашли применение в процессе гемоперфузии – эффективной очистки крови от содержащихся в ней токсинов. Такие клетки представляют собой частицы активированного угля, заключенные в полимерную полупроницаемую оболочку толщиной около 500Å. Суммарная площадь поверхности таких капсул составляет около 2 м² (для аппарата объемом около 0.3 л).

1) Функции клеток какого органа выполняют в процессе гемоперфузии такие капсулы? (2 балла)

2) Кратко укажите преимущества описанной системы перед: а) классической установкой для гемодиализа (очистка осмосом через мембрану толщиной 5 мкм) и б) пропусканием крови через колонку, наполненную активированным углем, не инкапсулированным в полимерную оболочку. (3 балла)

Помимо сорбента, в полимерную капсулу могут заключаться ферменты, ферментные системы для осуществления каскадных реакций, целые клетки и даже группы клеток (включая стволовые – зародыши искусственных органов). Покрытые полупроницаемой мембраной, клетки получают необходимые для своей жизнедеятельности питательные вещества, но защищены от непосредственного контакта с иммунной системой организма, что снижает риск отторжения.

Согласно одному из методов инкапсулирования:

А) Микрокапли суспензии клеток в растворе альгината натрия (альгиновая кислота – полисахарид, содержащий карбоксильные группы) через тонкую иглу с большой скоростью подаются в осадительную ванну (раствор хлорида кальция).

Б) После промывания буферным раствором полученные частицы суспендируют в растворе альгината натрия и вновь подают в раствор хлорида кальция, но с меньшей скоростью и через иглу большего диаметра.

В) После этого частицы последовательно промывают буферным раствором, обрабатывают раствором поли-L-лизина, вновь промывают буферным раствором, обрабатывают раствором альгината натрия, а затем раствором цитрата натрия.

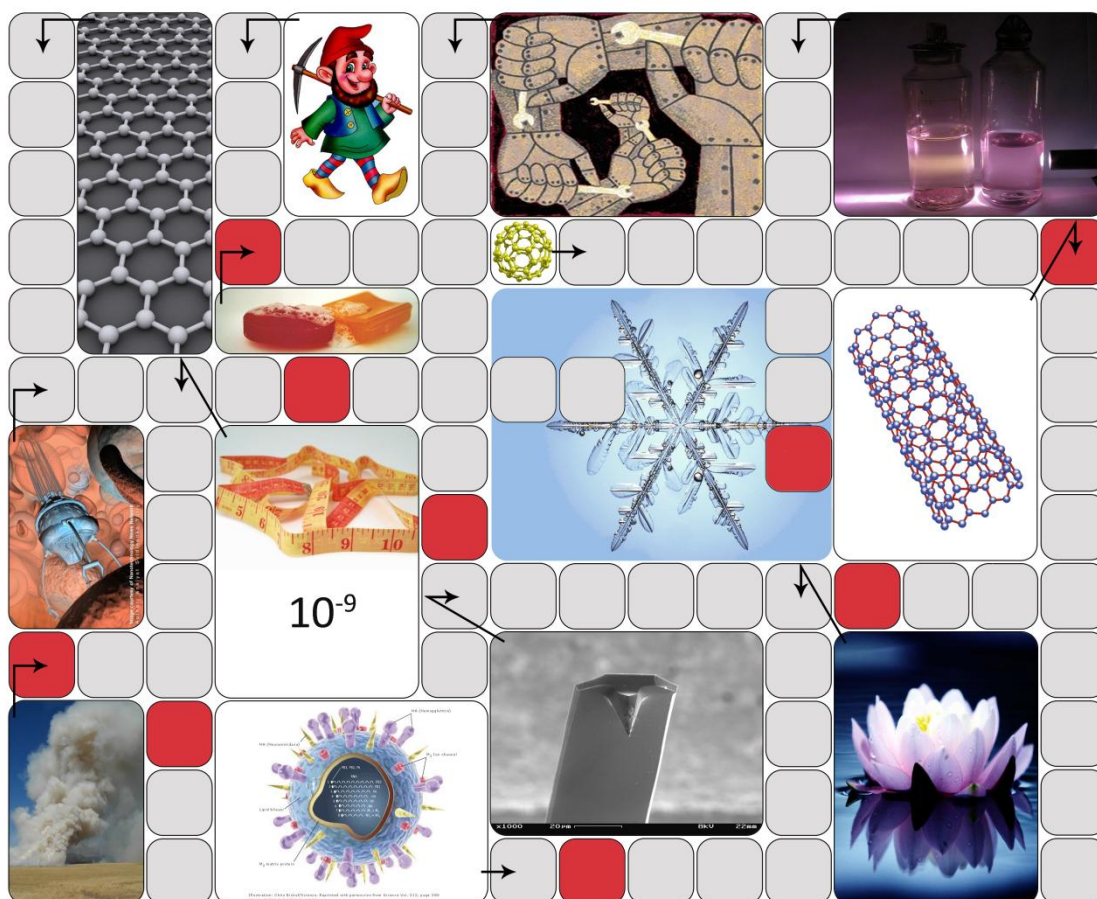
3) Изобразите схемы процессов, протекающих при образовании клеточной оболочки описанным методом (реакция альгината натрия с кальцием; реакция альгината с поли-L-лизином; реакция с участием цитрата натрия). Из какого материала состоит стенка капсулы после выполнения всех описанных процедур? (3 балла)

- 4) Если исключить из приведенного выше протокола стадию Б, механическая прочность стенок заметно снижается, а иммунный ответ организма на введение капсулированных клеток усиливается. Объясните эти явления. (2 балла)
5. **Зондирование клеточных мембран.** Атомно-силовая микроскопия (АСМ) является мощным методом, позволяющим исследовать рельеф поверхности различных объектов, в том числе и живых клеток, с нанометровым разрешением. Однако поверхность живых клеток, находящихся в водной среде, не является жесткой, она достаточно упруга и при взаимодействии с зондом способна изгибаться. В современной атомно-силовой микроскопии имеются подходы, позволяющие измерять упругость мембраны.
- 1) Как при помощи АСМ можно измерить жесткость мембраны живых клеток? (2 балла)
 - 2) Какие дополнительные факторы (помимо собственно упругости мембраны) могут оказывать влияние на результат измерения? (2 балла)
 - 3) Как клетки могут изменять упругость (жесткость) своих мембран, для чего им это может быть нужно? (2 балла)
 - 4) Какие другие (не связанные с АСМ) методы могут быть использованы для оценки жесткости мембраны живых клеток? (2 балла)
6. **Ихтиандр.** Мир океана пока недоступен для человека. Мы можем исследовать его с использованием скафандров и аквалангов, ребризеров и просто ныряя с максимальной задержкой дыхания. Но этого недостаточно, ведь люди давно мечтали плавать, как рыбы. Этому посвящено много фантастических романов и научных изобретений. Некоторые из подобных идей возможно реализовать уже в ближайшем будущем. Для увеличения времени пребывания под водой можно вшивать под кожу специальные биоматрицы, накапливающие кислород.
- 1) Предположите, какие свойства должны быть у материала такой матрицы и как ее можно было бы создать. (3 балла)
Подсказка: Для решения необходимо описать, как происходит насыщение крови кислородом и вспомнить известные Вам кислородсвязывающие белки и другие среды - переносчики кислорода.
 - 2) Предположите, в какую часть тела лучше всего вшить подобные биоматрицы, каким условиям она (эта часть тела) должна отвечать. (2 балла)
Бывало, добровольцы дышали перфторированными углеводородами, переносящими кислород, водой, насыщенной кислородом под давлением, специальными газовыми смесями.
 - 3) Опишите, какими свойствами должны обладать описанные типы переносчиков кислорода, чтобы при их использовании можно было “дышать” длительное время. (2 балла) Каковы существуют риски использования таких "сред для дыхания" в отношении здоровья человека и при каких заболеваниях (генетических или приобретенных) на такой риск можно пойти? (3 балла)
 - 4) Какие «приспособления» существуют в активно работающих и потребляющих много энергии больших клетках (например, крупных нейронах и мышечных клетках), чтобы не возникало дефицита кислорода? (3 балла)



Отборочный тур для начинающих

I. Сканворд



Сканворд – это игра, но в предлагаемом нами варианте это головоломка на знание простейших веществ и материалов, связанных с нанотехнологиями (а с ними связано очень многое). Картинки в нем обозначают те объекты, названия которых нужно вписать строго в клеточки, начиная с того поля, которое указано стрелкой, идущей от картинки к клеточкам. В каждой клеточке – только одна буква. Слово не может "вылезать" из клеточек или оставлять пустые клетки. Когда Вы заполните весь сканворд, в красных клеточках будут буквы, из которых вам нужно составить новое, ключевое слово. Это слово обозначает искусственную молекулу, похожую чем-то на снежинку, применение которой планируется в наномедицине.

1. Укажите ниже правильный вариант суммы порядковых номеров букв русского алфавита, из которых состоит ключевое слово (так, например, слово "мама" - это сумма $14+1+14+1 = 30$). (5 баллов)

- 1) 93
- 2) 94
- 3) 95
- 4) 96
- 5) 97
- 6) 98
- 7) 99
- 8) 100
- 9) 106
- 10) 107.5

2. Дополнительные баллы Вы можете получить, если укажете в файле решения список всех слов и что они означают. (15 баллов)

II. Древнее «нано»



Термин «нанотехнологии» получил широкое распространение, однако приставка «нано», означающая одну миллиардную часть целого, и термины «наночастицы», «наноматериалы», «нанотехнологии» распространились в научной литературе сравнительно недавно. Нанотехнологии включают создание и использование материалов, устройств и технических систем, свойства и практическое использование которых определяется наноструктурой, то есть ее упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм (нанометр - одна миллиардная часть метра).

Как оказалось в ходе исследований учёных, многие из давно используемых человечеством материалов являются именно «нанообъектами». Тот факт, что мелкие частицы различных веществ обладают иными свойствами, чем это же вещество с более крупными размерами частиц, был известен давно. Люди занимались нанотехнологиями и не догадывались об этом! Секреты производства передавались из поколения в поколение, однако причины уникальных свойств материалов не исследовались.

Одним из самых древних примеров нанотехнологий являются цветные стекла, технология получения которых была известна еще в Древнем Египте. Другой пример - чаша Ликурга (IV век до н.э.) – одно из выдающихся произведений древнеримских стеклодувов, хранящихся в Британском музее. Этот кубок необычен не только своими оптическими свойствами, но и уникальной для тех времен методикой изготовления. Матовая зеленая чаша становится красной, если ее осветить изнутри.

1. Что позволяет чаше Ликурга быть такой необычной и красочной? (максимальная "стоимость" правильного ответа 2 балла)

- 1) мелкие поры в стекле
- 2) упорядоченные стеклянные шарики на поверхности
- 3) использование светящихся красителей
- 4) мелкие трещины (старение чаши)
- 5) глазурь с углеродными нанотрубками
- 6) краска с квантовыми точками
- 7) наночастицы золота в стекле
- 8) органические примеси
- 9) железная окалина на поверхности

2. Ваши дополнительные пояснения в файле ответов – еще 3 балла.

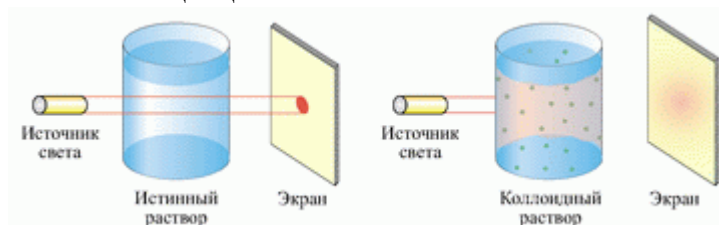
III. Игра света



Утро в лесу. Тишина... Только проснувшиеся редкие птицы перекликаются вдалеке, лучи солнца сквозь легкий туман, роса под ногами, невероятная свежесть воздуха... Такой простой сюжет, который наблюдал в своей жизни каждый. Вы замечали, что лучи света, падающие от солнца, рассеиваются?

1. Как называется этот эффект? (1 балл)

- 1) эффект Вавилова - Черенкова
- 2) эффект Гиндаля
- 3) эффект Столетова
- 4) эффект изомерии
- 5) эффект холодного термояда
- 6) фотохимическая реакция
- 7) эффект дифракции света
- 8) эффект люминесценции



Подобный эффект можно продемонстрировать на примере, показанном на рисунке. Свет рассеивается в виде конуса.

2. Напишите дополнительно в файле ответов, где вы еще наблюдали данное явление, приведите примеры. (3 балла)
3. Почему происходит данное явление, а мы можем наблюдать его невооруженным глазом? (3 балла)
 - 1) из-за того, что вода от лазерного излучения светится
 - 2) из-за рассеяния света маленькими частицами
 - 3) из-за разложения водяных паров солнечным светом или жидкой воды - лазерным излучением
 - 4) из-за свечения маленьких частиц
 - 5) из-за фотохимического изменения состава поверхности частиц
 - 6) из-за усиления броуновского движения
 - 7) из-за разогрева частиц при облучении светом

IV. Капелька воды



Сверкающие капли на листьях, утренняя роса на траве, весенняя капель, веселый дождь по лужам, монотонно капающая вода из водопроводного крана...

1. Почему вода принимает форму капли? (2 балла)
 - 1) из-за интенсивного испарения с поверхности
 - 2) потому что вода имеет такую кристаллическую структуру
 - 3) из-за наличия сил поверхностного натяжения
 - 4) из-за наличия силы тяжести Земли
 - 5) из-за того, что плотность воды больше плотности воздуха
 - 6) из-за того, что на поверхность воды налипают молекулы инертных газов
2. А из-за какого эффекта капельки воды остаются круглыми при контакте со многими листьями и стеблями растений? (1 балл)
 - 1) эффект лотоса
 - 2) эффект самоорганизации
 - 3) эффект Доплера
 - 4) эффект Мессбауэра
 - 5) эбулиоскопический эффект
 - 6) эффект гигантского комбинационного рассеяния
 - 7) эффект "паровой подушки"

V. Фруктовое желе



Любой хозяйке известен способ приготовления фруктового желе, который весьма прост. На начальной стадии получают жидкий "раствор", в котором содержатся малые частицы вещества, впоследствии частицы слипаются друг с другом с образованием желеобразного геля.

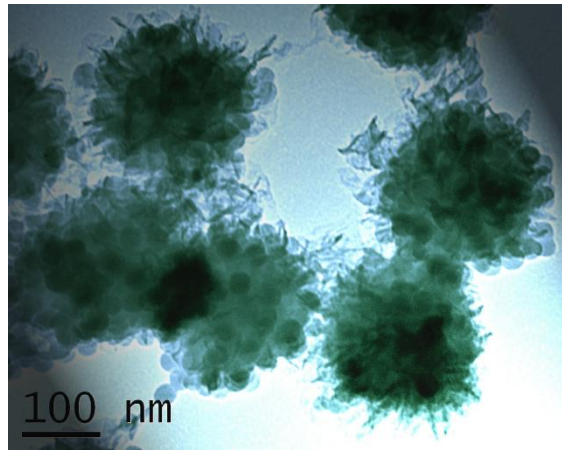
1. Вы можете получить 3 балла, если в файле ответов опишите, какова у гелей структура (чем она отличается от "взвеси" частиц), как на практике используют эту технологию для получения наноматериалов и для чего практически могут быть предназначены эти гели.
2. Так что это за технология? (2 балла)
 - 1) золь - гель технология
 - 2) криохимическая технология
 - 3) сверхкритическая сушка
 - 4) гидротермальная обработка
 - 5) сублимационная сушка
 - 6) ректификация



Между прочим, кофе, аспирин, стрептоцид, пища путешественников - все эти известные нам продукты получают с использованием еще одной технологии, которая сейчас популярна для производства очень дисперсных порошков (порошков, содержащих наночастицы).

3. Как называется эта технология? (2 балла)
 - 1) механохимия
 - 2) пастеризация
 - 3) бактерицидная обработка жестким излучением
 - 4) фотолиз
 - 5) радиолиз
 - 6) сублимационная сушка
 - 7) вываривание
 - 8) перегонка
4. Какие физические (химические) воздействия в ней используются, чтобы достичь нужного результата - очень мелких частиц? (максимум 3 балла)
 - 1) нагрев холодной плазмой
 - 2) интенсивное перетирание вещества
 - 3) нагрев раствора вещества и его распыление в горячую камеру
 - 4) электрический разряд
 - 5) кипячение и испарение
 - 6) замораживание и сублимация
 - 7) экстракция органическими растворителями
 - 8) биохимическая обработка
 - 9) обработка растворами солей и пряностей

VI. Очень мелкие частицы



Итак, мы знаем теперь несколько способов получения наночастиц. А все ли вещества в Природе могут образовать при комнатной температуре наночастицы? Наверняка нет!

1. Поэтому укажите, какие из перечисленных ниже веществ могут образовывать наночастицы? (2 балла)

- 1) азот
- 2) фтор
- 3) кислород
- 4) гелий
- 5) вода
- 6) углерод
- 7) перекись водорода
- 8) фотоны
- 9) электроны
- 10) протоны

2. А в файле ответов объясните, почему Вы так считаете за дополнительные 3 балла.

VII. Самые - самые



Мертвые неорганические наночастицы существуют в Природе очень давно и их, в ряде случаев, удастся с успехом использовать уже сейчас в науке и технике. Однако - это всего лишь один из "размеров", с которым с самого начала времен работает Природа.

Так, на Земле живут огромные животные, например, кит. Он самый - самый большой. А еще есть существа, которых без мощного микроскопа и не увидишь.

1. Что именно ограничивает размер живого организма "снизу"? (2 балла)

- 1) проницаемость оболочки клеток для кислорода
- 2) скорость передвижения (бегства от более крупных хищников)
- 3) размер набора структур или органоидов для самовоспроизводства
- 4) размер емкости ("желудка") для переваривания пищи
- 5) скорость высыхания цитоплазмы на воздухе

- 6) прочность клеточных стенок
 - 7) наличие разума
 - 8) наличие зубов
 - 9) наличие глаз
 - 10) наличие хвоста
2. А какой организм / организмы могут быть на самом деле отнесены к самым крохотным из всех, живущих на Земле, выберите из ниже перечисленных? (2 балла)
- 1) вирусы
 - 2) нанороботы
 - 3) археобактерии
 - 4) митохондрии
 - 5) клетки лука
 - 6) зигота
 - 7) инфузория - туфелька
 - 8) сине - зеленые водоросли
 - 9) споры плесени
 - 10) дрожжевые грибки
3. Пофантазируйте и придумайте существо с самыми маленькими-маленькими размерами, какие органы / органониды / клеточные структуры это существо будет иметь? Обоснуйте Ваше предложение. (дополнительно 3 балла при просмотре решения в файле ответов)

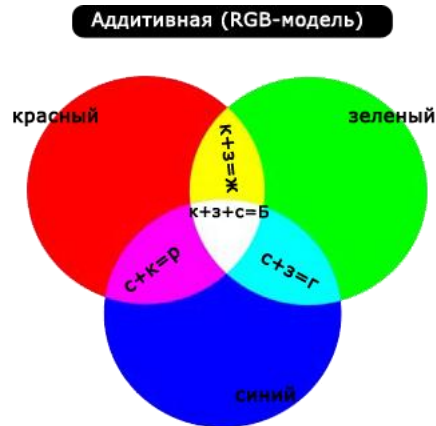
VIII. Белый свет



Ну и, наконец, от теории - к практике. Говорят, что в России больше не в почете неэффективные лампочки накаливания, их будут заменять на энергосберегающие лампы и белые светодиоды. Представьте, что Вы - творец этой светлой эпохи и сейчас мы просим Вас помочь (в первую очередь, конечно, самому себе) собрать БЕЛЫЙ светодиод. Он состоит из нескольких основных элементов, показанных на рисунке, но главное - это светоизлучающий элемент (обозначен как "кристалл") и слой (иногда смесь) светящихся веществ (люминофоров), которые преобразуют свет в "белый".

1. К какому классу материалов относится "кристалл"? (2 балла)
- 1) металлы
 - 2) сверхпроводники
 - 3) диэлектрики
 - 4) полупроводники
 - 5) люминофоры
 - 6) фосфоры
 - 7) нить накаливания
 - 8) термоэлектрики

9) пьезоэлектрики



Цвета видимого спектра четкие и характеризуются наибольшей яркостью или интенсивностью. При наложении трех "чистых" цветов - красного, синего и зеленого (схема RGB) образуется огромная комбинация разных цветов. При одновременном же наложении всех трех цветов получается белый свет. Таким образом, белый свет образуется в результате одновременного сочетания всех "цветовых волн". Все изображения, которые мы получаем с помощью телевизоров, мониторов, фотоаппаратов и цветных сканеров, основаны на смешивании красного, зеленого и синего цветов. Так и в белом светодиоде: "кристалл" излучает свет определенной длины волны, который частично выходит из линзы светодиода, а частично возбуждает люминофор (или люминофоры), которые начинают светиться своим светом и "смешивают" свое свечение со свечением "кристалла".

2. Какое наименьшее количество цветов лучше всего смешать, чтобы получился белый свет? (2 балла)

- 1) красный и синий
- 2) синий и зеленый
- 3) красный, синий, зеленый
- 4) фиолетовый и пурпурный
- 5) желтый и синий
- 6) красный и зеленый
- 7) красный, желтый, зеленый
- 8) пурпурный, розовый, красный
- 9) зеленый, салатовый, изумрудный
- 10) инфракрасный и ультрафиолетовый

Цвет	длина волны (нм)	Напряжение (В)	Материал
Красный	610 < λ < 760	1.63 - 2.03	Алюминия галлия арсенид (AlGaAs)
Оранжевый	590 < λ < 610	2.03 - 2.10	Алюминия индия галлия фосфид (AlGaInP)
Жёлтый	570 < λ < 590	2.10 - 2.18	Фосфид галлия (GaP)
Зелёный	500 < λ < 570	1.9 - 4.0	Алюминия галлия фосфид (AlGaP)
Голубой	450 < λ < 500	2.48 - 3.7	Индия галлия нитрид (InGaN)
Фиолетовый	400 < λ < 450	2.76 - 4.0	Индия галлия нитрид (InGaN)

Теперь, после тренировки с цветами, перейдем к самому белому светодиоду. Выше показано, какие "кристаллы" каким цветом светятся.

Из люминофоров возьмем:

А. красный люминофор оксид иттрия Y_2O_3 , легированный европием;

Б. желтый люминофор иттрий-алюминиевый гранат $Y_3(Al,Si)_5(O,N)_{12}$, легированный церием;

В. синий люминофор сульфид цинка ZnS , легированный серебром;

Г. зеленый люминофор сульфид кальция CaS , легированный церием;

Д. красный люминофор селенид кадмия в виде квантовых точек CdSe.

3. Какую комбинацию светящегося "кристалла" и люминофора (люминофоров) стоит взять, чтобы получить, наконец, белый светодиод? (укажите вариант, 3 балла)

- 1) А и AlGaAs
- 2) Б и InGaN
- 3) В и InGaN
- 4) Г и AlGaAs
- 5) Д и GaP
- 6) А, Д и AlGaAs
- 7) Б, Д и AlGaAs
- 8) В, Г и AlGaAs
- 9) Г и AlGaP
- 10) Д, В и AlGaAs

Отборочный тур для школьников старших классов (2011)

I. Лабиринт



Вы видите перед собой лабиринт, по которому раскидана лабораторная посуда и ... реактивы (или минералы, все предметы имеют порядковый номер и обозначены ниже). Гном с тележкой в центре лабиринта должен пройти правильным путем через лабиринт к одному из правильных выходов и собрать при этом в свою тележку такие реактивы или минералы и такую лабораторную посуду, чтобы с использованием всего собранного приготовить цветную жидкость, содержащую наночастицы В лабиринте нельзя проходить по одному и тому же месту более одного раза. Предметы можно брать, а можно не брать, но необходимо использовать полностью всю собранную посуду и материалы для химических превращений, и только их (окружающий воздух "реактивом" не считается, предметы, которые изначально были у гномов, использовать нельзя, разве что тележку, в которую все будет сложено). Ничего лишнего и ничего дополнительного! Жестокое воздействие (очень высокие температуры, автоклавы, плазму и пр. использовать нельзя. Только то, что Вы САМИ могли бы сделать в школьной лаборатории)

Обозначения предметов: 1. свинец, 2. сера, 3. ступка, 4. чистая вода, 5. колба, 6. медь самородная (но чистая :-), 7. едкий натр, 8. соляная кислота, 9. фарфоровый шпатель, 10. опять просто пустая колба, 11. самородная платина (и только платина), 12. еще одна колба, 13. едкое кали, 14. весы, 15. хлорид олова (II), 16. снова колба, снова пустая и снова чистая, 17. слитки золота наивысшей пробы, 18. азотная кислота, 19. мерный цилиндр, мензурка, 20. слитки серебра наивысшей пробы, 21. чистый мед, 22. олеум.

1. К какому гному и по какому пути нужно идти? (5 баллов)

- 1) левый верхний гном, пилящий бревно, путь 3-2-1
- 2) левый верхний гном, пилящий бревно, путь 4-8-9-10-14-15-16-17-21-22-1
- 3) правый, верхний гном с лопатой, сажающий нечто с корнями, путь 4-5-7-6
- 4) правый, верхний гном с лопатой, сажающий нечто с корнями, путь 3-2-22-21-17-16-15-14-10-9-8-4-5-7-6

- 5) левый нижний гном с лиловым цветочком, 3-2-22-21-17-18-19
 - 6) левый нижний гном с лиловым цветочком, 4-8-9-10-14-15-16-17-18-19
 - 7) правый нижний гном с птичками, 4-8-9-10-13-12-11
 - 8) правый нижний гном с птичками, 3-2-22-21-17-16-15-14-10-13-12-11
 - 9) левый верхний гном, пилящий бревно, путь 4-8-9-10-14-15-16-17-21-22-2-1
 - 10) здесь этого пути нет, укажу правильный в файле решения
2. В файле ответов опишите кратко процесс синтеза и напишите все необходимые уравнения реакций с нужными коэффициентами. (до 10 дополнительных баллов)
 3. Где эти наночастицы могут быть использованы на практике (по крайней мере, по предположениям, высказываемым во многих научных публикациях)? (3 балла)
 - 1) в промышленно производимых батарейках с рекордной работоспособностью
 - 2) для создания бытовых красок
 - 3) в наномедицине
 - 4) в биологически - активных пищевых добавках для диабетиков
 - 5) в антикоррозионных покрытиях в автомобильной промышленности
 - 6) для изготовления зеркал
 - 7) для создания металлических сплавов с памятью формы
 - 8) при создании керметов для топливных элементов
 - 9) в омолаживающей косметике
 - 10) для магнитной гипертермии злокачественных опухолей

II. Удивительные лапки



“Длина его составляет от 8 до 30 см. Голова довольно широка и сильно сплюснута, глаза без век со щелевидным зрачком, шея коротка, тело толстое и сплюсненное, хвост умеренной длины, по большей части весьма ломкий. Тело покрыто мелкими бугорчатыми и зернистыми чешуйками. Водятся в теплых странах Старого и Нового света”. Речь идет о гекконе – безобидной красивой ящерке, давно привлекающей внимание ученых своей уникальной способностью лазать как угодно и где угодно. Гекконы не только взбираются по отвесным стенам - они с такой же легкостью ходят по потолку или оконному стеклу. Долгое время ученые не могли понять, каким образом геккон бегаёт по совершенно гладкому вертикальному стеклу, не падая и не соскальзывая. Было предпринято много попыток объяснить этот природный феномен. Сначала полагали, что весь секрет в уникальных присосках, которыми снабжены лапки животного. Но выяснилось, что на лапах геккона нет ничего, похожего на присоски, которые обеспечивали бы ящерице хорошее сцепление.

Не оправдалось и предположение, что геккон бегаёт по стеклу, приклеиваясь к его поверхности клейкой жидкостью, подобно тому, как держится на разных предметах

улитка. В случае клейкой жидкости на стекле оставались бы следы от его лап; кроме того, никаких желез, способных выделять такую жидкость, на лапах геккона не обнаружено.

Разгадка этого явления буквально поразила общественность: ведь при движении геккончик использует законы молекулярной физики! Ученые внимательно изучили лапку геккона под микроскопом. Выяснилось, что она покрыта мельчайшими волосками, диаметр которых в десять раз меньше, чем диаметр человеческого волоса. На кончике каждого волоска находятся тысячи мельчайших подушечек размером всего двести миллионных долей сантиметра. Снизу подушечки прикрыты листочками ткани, и при большом увеличении видно, что каждый листочек покрыт сотнями тысяч тонких волосообразных щетинок. А щетинки, в свою очередь, делятся на сотни лопатообразных кончиков, диаметр каждого из которых всего 200 нм!

Сотни миллионов этих волосков позволяют цепляться за малейшие неровности поверхности. Даже совершенно гладкое, на наш взгляд, стекло дает гекконам достаточно возможностей зацепиться.

1. Какие силы задействованы в "прилипании" геккона? (2 балла)

- 1) ковалентные связи
- 2) водородные связи
- 3) ван-дер-ваальсовы взаимодействия
- 4) ионные связи
- 5) металлические связи
- 6) координационные связи
- 7) донорно-акцепторные взаимодействия

2. Опишите в файле ответов варианты применения обсуждаемого эффекта в жизни человека, науке, технике. (дополнительные 3 балла)

3. С обездвиживанием (в процессе путешествия) какого из ниже перечисленных известных литературных героев можно было бы сравнить эффект "приклеивания" геккона к "гладкой" поверхности (этот эффект действительно бытует в научной литературе, но в применении к так называемым супрамолекулярным соединениям). (3 балла)

- 1) Илья Муромец
- 2) Каштанка
- 3) Прометей
- 4) Дед Мороз
- 5) Ассоль
- 6) Гулливер
- 7) Чадский
- 8) Мцыри
- 9) Евгений Онегин
- 10) Барон Мюнхгаузен

III. «Божественный свет»



С развитием нанотехнологий обычные материалы приобретают новые свойства. Туристов, посещающих Рим, наряду с известнейшими старинными памятниками архитектуры привлекает необычное здание в духе постмодернизма – церковь Dives in Misericordia («Щедрый в милосердии»). Это ослепительно белое сооружение из сборного железобетона и стекла состоит из трех изогнутых конструкций, напоминающих раковины или лепестки цветка (см. рисунок). Здание как будто светится и остается идеально белым.

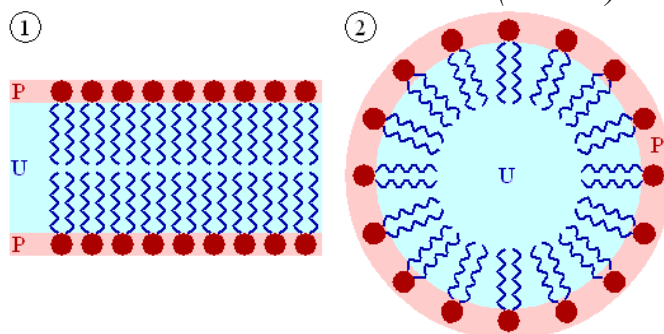
1. Частицы какого вещества позволяют добиться таких уникальные характеристик "вечной чистоты"? (2 балла)
 - 1) стиральный порошок
 - 2) мел
 - 3) речной кварцевый песок
 - 4) зола подсолнуха
 - 5) наночастицы серебра
 - 6) фосфор
 - 7) диоксид титана
 - 8) квантовые точки селенида кадмия
 - 9) борная кислота
 - 10) силикат натрия
2. В файле ответов за Ваши пояснения, почему так происходит, Вы получите дополнительные 3 балла.

IV. «Спичечные домики»



Один из мощных приемов нанотехнологий является создание различных молекулярных форм. Они во многом определяют свойства получаемых с их использованием материалов, а иногда и уникальные, непредсказуемые характеристики. Посмотрите внимательно на рисунок, на котором очень схематично изображен класс очень важных молекул, широко использующихся в нанотехнологиях.

1. Что это за класс молекул? (2 балла)
 - 1) люминофоры
 - 2) полимеры
 - 3) алкены
 - 4) алканы
 - 5) ДНК
 - 6) РНК
 - 7) ПАВ
 - 8) АТФ
 - 9) фуллерены
 - 10) углеродные нанотрубки
2. В файле ответов назовите составные части этих молекул и приведите примеры - химические названия - таких "составных частей". (3 балла)



3. Как называются образования, сформированные этими «спичками»? (2 балла)
 - 1) карбораны
 - 2) сферолиты
 - 3) дендриты
 - 4) полимерные микросферы
 - 5) пузырьки
 - 6) дендримеры
 - 7) квантовые точки
 - 8) мицеллы
 - 9) фуллерены
4. В файле ответа за 5 дополнительных баллов ответьте, почему такие образования возникают и расскажите, где эти образования можно встретить в живой и неживой природе.

V. Углеродный скелет Кощея Бессмертного



Расскажу я вам, деточки, сказку, но уже на нынешний лад...
Жил да был Кощей, по прозванию Бессмертный.

Когда-то давным-давно он был великим учёным, чародеем и искусником. И так много у него было дел славных, что решили злодеи его погубить. Коварно решили они затравить Кашея. Прознали они, что со времён ученичества своего полюбил Кашей молоко свежее и начали в то молоко яд подсыпать. И начал Кашеюшка болеть да чахнуть. Пьёт он молоко своё, да оно не помогает ему, а только хуже делает.

Кинул он в сердцах свой кубок серебряный с остатками молока в огонь да увидел, что пламя малиновым стало. Тогда Кашей взял молоко, да выделил из него яд коварный. (Яд состоял из двух элементов, массовая доля одного из них была равна 55,35%.)

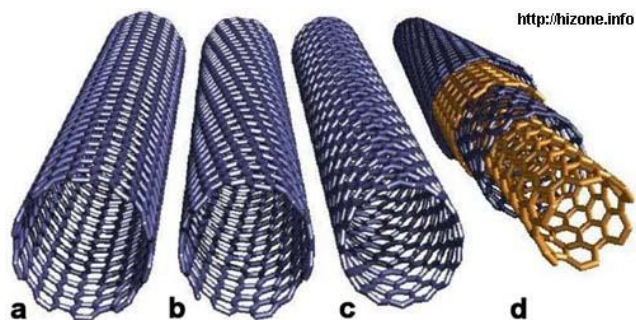
Понял Кашей, что его изжить хотят, осерчал. Да заболел сильно, ни меч-кладенец не поднять, ни доспехов не надеть. И много яду было в теле Кашеевом, не извести его было.

Тогда Кашей придумал, как косточки свои целиком заменить на нанотрубки углеродные, стеклоуглеродом срощенные. Долго Кашей косточки свои делал, а затем закрылся в замке и приказал своему помощнику операцию проводить, чтобы косточки свои больные поправить. Сделал помощник операцию, и стал у Кашея углеродный скелет, да только исхудал Кашей сильно – косточки местами аж наружу торчат. И сказал Кашей злодеям, что накажет он их. А злодеи прибежали к Барабасу, злобному, жадному и коварному чародею, и стали у него защиты просить. А Барабасу злomu и надо только: Кашея изжить да денег загрести. Поставил он злодеям на ворота в замке сигнализацию хитрую, на рентгене основанную. Говорит: ни птица к вам не залетит, ни зверь не забежит – всех увидите. Даже шапка-невидимка не укроет. Прознал про то Кашей и говорит: пройду я, а вы и знать не будете. Тогда Барабас сделал злодеям машину, что молнии бросает. А Кашей и говорит: пройду я и не остановит меня машина ваша. Тогда Барабас говорит: вот возьму я дубину большую, да сам тебя загублю. Осерчал Кашей, да на злодеев пошёл. И прошёл он сквозь сигнализацию, и сквозь молнии, да встретил Барабаса. Заревел Барабас дурным голосом и начал дубиной махать. А Кашей худой да шустрый стал – не может в него Барабас попасть, а коли зацепит, то Кашей смеётся только: совсем ты, Барабас, захирел, нету у тебя силушки. Замаялся Барабас, испугался, бросил дубину и побежал из замка злодейского. Да забыл он про машину свою, что молнии кидает. Бросила машина молнию, Барабас и лопнул. А Кашей дальше пошёл, злодеев наказывать. Да испугались злодеи, по подземному ходу сбежали из замка, а потом и со страны той. Не нашёл злодеев Кашей, разрушил замок их, да назад к себе пошёл. А злодеи как прознали, что Кашей Барабаса сгубил, так и прозвали его Бессмертным.

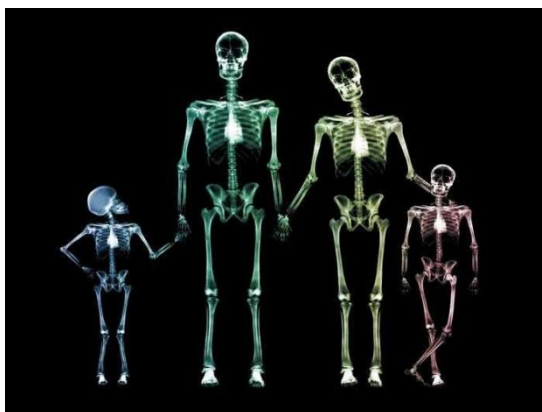
1. Каким ядом злодеи травили Кашея? (2 балла)

- 1) SrCl_2
- 2) CaCO_3
- 3) активированный уголь
- 4) галактоза
- 5) лактоза
- 6) гидроксиапатит
- 7) глюконат кальция
- 8) мирабилит
- 9) казеин
- 10) коллаген

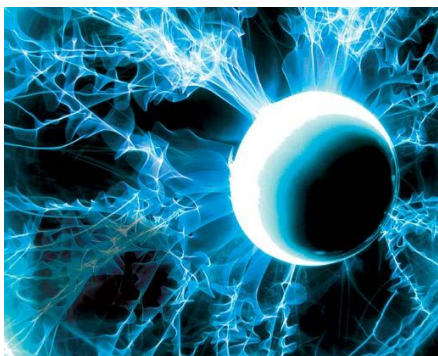
2. В файле ответов докажите, что именно это вещество было ядом, и объясните, почему Кашею для исцеления пришлось менять скелет. (3 балла)



3. Как получить углеродные нанотрубки? (2 балла)
- 1) нагревом алмаза
 - 2) синтез в электрической дуге
 - 3) обработка сахара олеумом
 - 4) обработка графита концентрированной азотной кислотой
 - 5) гидрогенизация фуллерена
 - 6) поликонденсация бензола
 - 7) циклизация гептана
 - 8) полимеризация этилена
4. В файле ответов опишите, насколько совместим с организмом материал, который Кашей использовал для создания своего скелета, и как его можно получить. (3 балла)



5. Почему Кашей мог пройти через "рентген" незамеченным? (2 балла)
- 1) потому что скелет Кашея отражал рентгеновское излучение
 - 2) потому что скелет Кашея полностью поглощал рентгеновское излучение
 - 3) потому что углерод находится в начале периодической таблице элементов
 - 4) потому что углеродный скелет был закрыт кожей
 - 5) потому что рентгеновские лучи вызывают протекание химических реакций углеродных нанотрубок и стеклоуглерода
 - 6) потому что под действием рентгеновского излучения стеклоуглерод кристаллизуется



6. Почему электрическая машина Барабаса не была опасна для Кашея? (2 балла)
- 1) потому что разряды не могли расплавить углерод

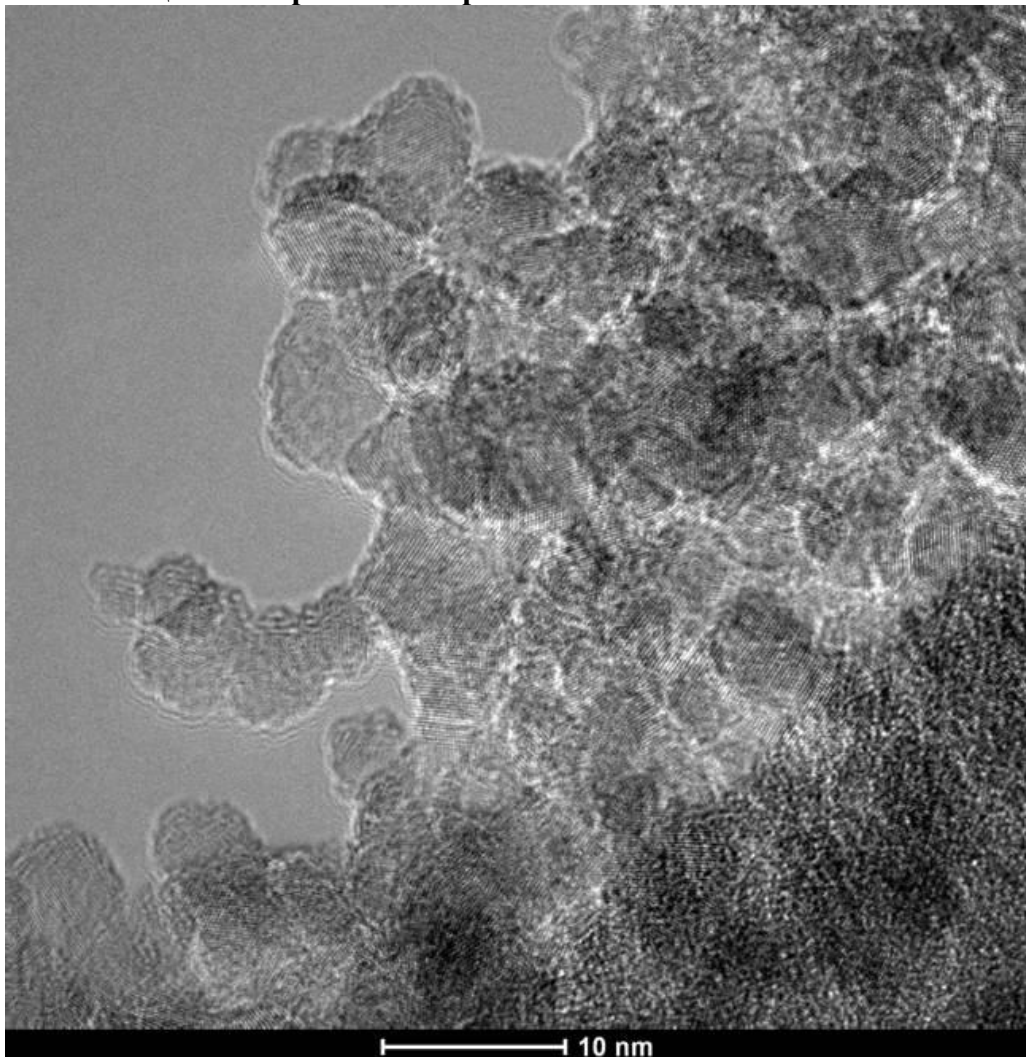
- 2) потому что углерод не проводит электрический ток
- 3) потому что углерод экранирует любое электромагнитное излучение
- 4) потому что разрушить углерод можно только при высокой температуре
- 5) потому что углеродные нанотрубки могут проводить электрический ток и
- 6) скелет служил "громоотводом"
- 7) потому что новый скелет служил большим конденсатором



7. Почему удары дубины Барабаса не особо вредили Кощею? (2 балла)

- 1) потому что прочные нанотрубки армировали "вязкую" матрицу
- 2) потому что углеродные нанотрубки легко трескались и поглощали удар
- 3) потому что нанотрубки были "пушистыми", поэтому при ударе дубина скользила, как по смазке
- 4) потому что при ударе возникал электрический разряд, отталкивавший дубину

VI. Просвечивающая электронная микроскопия



Одним из важных классов материалов, которые позволяют творить чудеса в химической промышленности, традиционно являются твердые вещества, которые ускоряют скорости прямой и обратной реакции, они называются катализаторами (гетерогенными катализаторами). При изучении катализаторов и других наноматериалов одним из главных инструментов служит просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ). Взгляните на картинки, сделанные с помощью ПЭМ. Попробуйте найти и определить на картинках какие-нибудь характерные элементы.

1. Что вы видите? (2 балла)
 - 1) наноиголки
 - 2) слипшиеся наночастицы
 - 3) фуллерены
 - 4) нанотрубки
 - 5) скол металлического сплава
 - 6) пузырьки воздуха
 - 7) поглощение света
 - 8) дифракцию света
 - 9) отражение света
 - 10) рассеяние света
2. Определите характерный размер изображенных элементов. (2 балла)
 - 1) 1 ангстрем
 - 2) 5 ангстрем
 - 3) 10 ангстрем
 - 4) 50 ангстрем
 - 5) 10 нанометров
 - 6) 100 нанометров
 - 7) 500 нанометров
 - 8) 1 микрон
 - 9) 5 микрон
 - 10) 10 микрон
3. Что означают мелкие полоски, которые вы видите на фотографии? (3 балла)
 - 1) ядра атомов
 - 2) цепочки наночастиц
 - 3) зарядка поверхности электронным пучком
 - 4) атомные ряды
 - 5) полосы травления вещества вакуумом
 - 6) нанотрубки
 - 7) трещины
 - 8) ступеньки роста наночастиц

Каталитическая активность катализатора в расчете на моль резко возрастает при уменьшении кристаллика катализатора до наноразмеров, потому что, как правило, возрастает количество каталитически активных центров, которые контактируют с реагирующими веществами, подходящими извне к катализатору. Например, пусть катализатор А образует кубические кристаллы.

4. Во сколько раз возрастает скорость реакции при уменьшении ребра куба кристалла такого катализатора от 100 нм до 10 нм (2 балла)?
 - 1) в 1.5 раза
 - 2) в 15 раз
 - 3) в 25 раз
 - 4) в корень из трех раз
 - 5) в 10 раз
 - 6) в 100 раз
 - 7) в 1000 раз

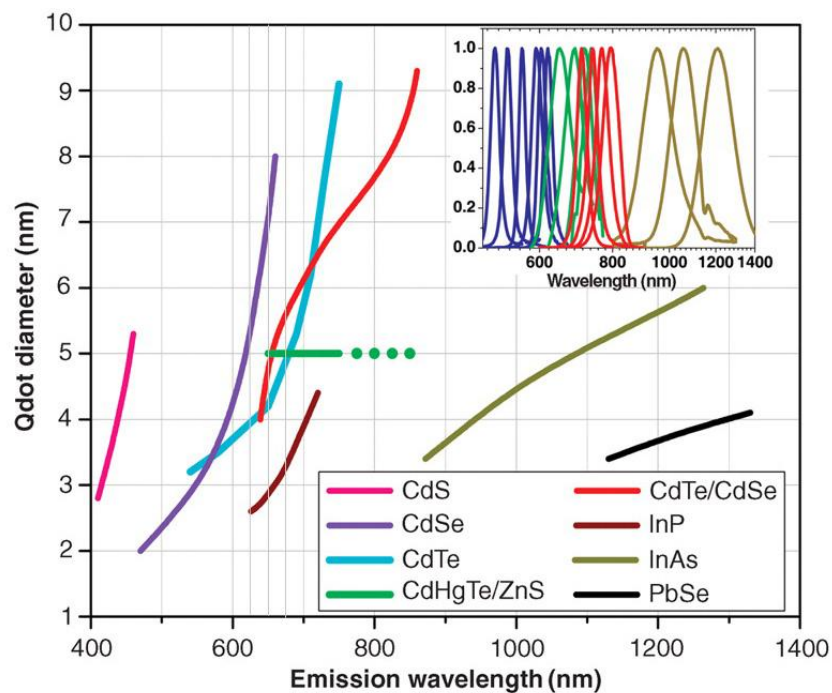
- 8) в миллиард раз
 - 9) скорость реакции останется прежней, поскольку не изменится количество молей вещества
5. В файле ответов более детально поясните, почему каталитическая активность А возрастает при уменьшении размера нанокристалла (3 балла).
6. Сколько кубических нанокристаллов А с ребром 100 нм можно составить из одного моля А, если молекулярная масса А равен 58 граммам, а плотность – 2г/см³? (3 балла)
- 1) 29 000 000 миллиардов
 - 2) 58 триллионов
 - 3) 58
 - 4) 29
 - 5) 116
 - 6) 2000
 - 7) 5800
 - 8) 58 000 000
 - 9) 116 000
 - 10) 29 000

VII. Квантовые точки - всем на Земле!



По данным на 2010 год на Земле проживало 6,8 млрд. человек. Все люди на Земле любят красивые вещи, а одни из самых красивых вещей - квантовые точки, которые при одном и том же составе при возбуждении светятся разным цветом в зависимости от их размера.

1. Что такое квантовая точка? (2 балла)
 - 1) наночастица металла
 - 2) наночастица полупроводника
 - 3) сгусток плазмы
 - 4) замороженные фотоны
 - 5) светящиеся бактерии
 - 6) агрегаты молекул красителей
 - 7) кавитационный пузырек



На врезке основного графика из реальной научной статьи справа сверху (то есть на маленьком графике) показано, что зависимости интенсивности свечения (ось ординат) от длины волны излучения (ось абсцисс, англ. "wavelength") имеют острые максимумы, причем положение этих максимумов зависит как раз от размера квантовых точек, который поэтому определяет цвет сечения. На основном графике для квантовых точек разных составов четко показаны зависимости диаметра квантовых точек (обозначено как "Qdot diameter (nm)") от наблюдаемой длины волны свечения (обозначено как "Emission wavelength").

Пусть в эксперименте квантовые точки теллурида кадмия CdTe были синтезированы при пропускании 1 л теллуридоводорода через хлорид кадмия. Точки с выходом 100% успешно получились, причем одного и того же размера, и имели поэтому узкий спектр люминесценции, максимум пика которого пришелся на ~ 680 нм (красный цвет). Квантовые точки имеют все сферическую форму и плотность $5,85$ г/см³.

2. Определите, сколько квантовых точек получит каждый человек на Земле, если синтезированные в эксперименте квантовые точки раздать всем поровну. (10 баллов) При работе с графиком диаметр квантовой точки округлить до целого значения.

- 1) одна квантовая точка на человека
- 2) десять квантовых точек на человека
- 3) полмиллиарда квантовых точек на человека
- 4) триллион квантовых точек на человека
- 5) 17957600 квантовых точек на человека
- 6) 578 943 квантовых точки на человека
- 7) четыре миллиарда квантовых точек на человека
- 8) три миллиона квантовых точек на человека
- 9) полмиллиона квантовых точек на человека
- 10) четыре тысячи семьсот двадцать квантовых точек на человека

VIII. Не поделили...



Пыльца представляет из себя тончайший порошок размером до 100 нм, который бывает окрашен в разные цвета - от ослепительно-белого до густого черного в зависимости от вида растения. Собирая пыльцу, пчёлы смачивают ее нектаром и слюной, скатывают в шарики диаметром около 1мм и приторачивают к задним лапкам, прилетают в улей с двумя шариками на ногах.

Две пчелки скатали и поделили между собой 39 шариков пыльцы. Число шариков, доставшихся любой из них, меньше удвоенного числа шариков, доставшейся другой. Квадрат трети числа шариков пыльцы, доставшейся второй, меньше числа шариков доставшейся первой.

Сколько шариков пыльцы досталось каждой пчелке? (7 баллов)

- 1) 3 и 36
- 2) 6 и 33
- 3) 1 и 38
- 4) 15 и 24
- 5) 14 и 25
- 6) 13 и 26
- 7) 12 и 27
- 8) 11 и 28
- 9) 10 и 29
- 10) 9 и 30

IX. Нанорикши



Рикши - это и развлечение, и вид транспорта, и профессия. Так, и по "нано-дорогам" туда и сюда снуют и везут свой груз нанорикши.

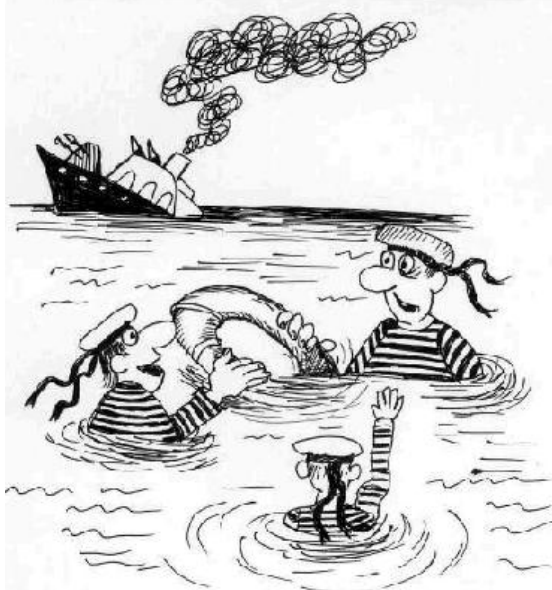
1. Назовите описываемый клеточный процесс. (1 балл)

- 1) внутриклеточный транспорт
- 2) фагоцитоз
- 3) амебиоз
- 4) апоптоз
- 5) передача нервного возбуждения

2. Что это за нано-дороги? (1 балл)
- 1) микроколбочки
 - 2) клеточные синапсы
 - 3) билипидная мембрана
 - 4) ядро клетки
 - 5) цитоплазма
 - 6) микротрубочки
 - 7) митохондрии
3. В файле ответов опишите, из какого материала они сделаны и действительно ли они “нано”? Каким образом такие дороги прокладываются? (3 балла)
4. Что это за рикши, какие у них имена и чем они принципиально различаются? (2 балла)
- 1) альбумин
 - 2) серотонин
 - 3) гемопорфирин
 - 4) кинезин
 - 5) иммуноглобулин
 - 6) ферритин
 - 7) хлорофилл
 - 8) фибрин
5. Какие грузы могут перевозить рикши? (2 балла)
- 1) клеточную мембрану
 - 2) хромосомы
 - 3) цитоплазму
 - 4) продукты жизнедеятельности
 - 5) зернышки гликогена
 - 6) расширяют клеточные каналы
6. На чем работают "нанорикши"? (1 балл) (за разъяснения в файле ответов по этому и другим подвопросам – дополнительные 5 баллов)
- 1) на глюкозе
 - 2) на спирте
 - 3) на энтузиазме
 - 4) на АТФ
 - 5) на внутриклеточной разности потенциалов
 - 6) на окислении крахмала растворенным кислородом
 - 7) у них вечных двигатель

Теоретический тур для школьников (2011)

I. Спасательный круг для золотого кирпича (математика, начинающие)



Аэрогели — очень лёгкие твёрдые материалы, пористость которых достигает 99%. Впервые аэрогель был получен в 1931 г. Стивеном Кистлером. В воде плавает (не всплывает и не тонет) кубик аэрогеля плотностью 1.9 кг/м^3 с привязанным к нему кубиком золота (плотность $19\,300 \text{ кг/м}^3$).

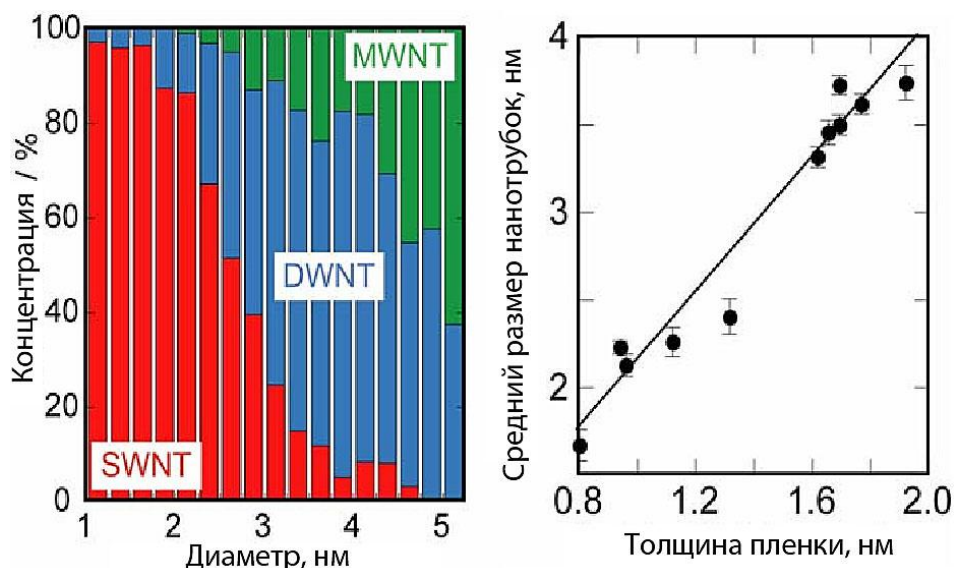
1. Найдите соотношение объёма кубика аэрогеля и кубика золота. (3 балла)

- 1) 1
- 2) 10.6
- 3) 101.3
- 4) 18.3
- 5) 0.546
- 6) 17.1
- 7) 13.2
- 8) 1103.16
- 9) 3.1415
- 10) 2.71828

2. Найдите соотношение масс кубиков золота и аэрогеля. (1 балл)

- 1) 0.0135
- 2) 0.216
- 3) 5300
- 4) 550
- 5) 11103
- 6) 19300
- 7) 7785
- 8) 72.34
- 9) 33.2
- 10) 1

II. Нанотрубчатый лес (математика, начинающие)



При методе получения нанотрубок «CVD super-growth» на подложке вырастает «лес», состоящий из нанотрубок различного диаметра. Средний диаметр нанотрубок при этом зависит, в частности, от толщины используемой плёнки катализатора (железо). На правом графике приведена зависимость среднего диаметра нанотрубки от толщины плёнки Fe, определённая экспериментально. Оказывается, что от среднего диаметра нанотрубок в «лесу» зависит процентное содержание в лесу нанотрубок разных типов — однослойных (SWNT, single-walled nanotubes), двуслойных (DWNT, double-walled nanotubes) и многослойных (MWNT, multi-walled nanotubes). Эта зависимость (тоже установленная экспериментально) приведена на диаграмме слева.

1. При какой толщине плёнок катализатора доля двуслойных нанотрубок наибольшая? (1 балл)
 - 1) 1.1, 1.2
 - 2) 1.7, 1.93
 - 3) 1.5, 1.6
 - 4) 1.85, 1.86
 - 5) 1.74, 1.86
 - 6) 1.17, 1.19
 - 7) 1.1751, 1.4456
2. При какой толщине эта доля наименьшая? (1 балл)
 - 1) 0.8
 - 2) 1.6
 - 3) 1.7
 - 4) 1.73
 - 5) 1.76
 - 6) 1.81
 - 7) 1.815
 - 8) 1.83
3. При какой толщине плёнок катализатора более 3/4 полученных нанотрубок – однослойные? (1 балл)
 - 1) более 0.9 нм
 - 2) более 1.0 нм
 - 3) более 0.8 нм
 - 4) менее 1.2 нм
 - 5) более 1.5 нм
 - 6) менее 0.8 нм
 - 7) более 2.0 нм

8) более 2.1 нм

III. Колбы и скляночки (математика, начинающие)



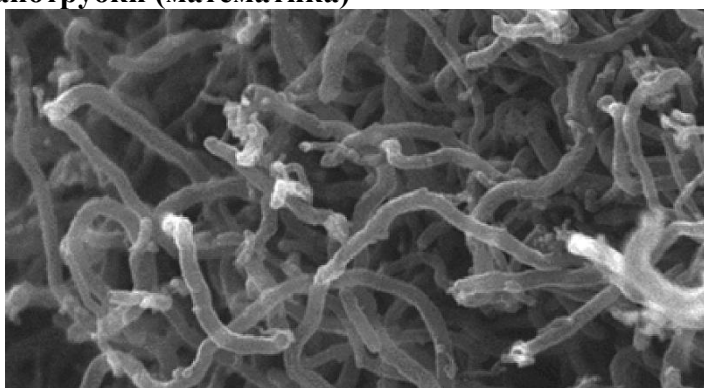
У Васи есть несколько колб без делений: пустая колба объёмом 200 мл (колба 1), колба объёмом 300 мл с семипроцентным раствором квантовых точек (колба 2), полулитровая колба с восьмипроцентным раствором квантовых точек (колба 3), и ещё одна полулитровая колба с однопроцентным раствором (колба 4). Для проведения эксперимента Васе необходимо хотя бы по 100 мл трёхпроцентного и шестипроцентного растворов.

1. Как ему получить эти растворы? Укажите ниже правильную последовательность переливаний. (4 балла)

- 1) из 2 в 3, из 3 в 2, из 2 в 4, из 4 в 1, из 1 в 3
- 2) из 2 в 3, из 3 в 2, из 2 в 4
- 3) из 2 в 4, из 3 в 2, из 4 в 2, из 4 в 1, из 1 в 3, из 1 в 4
- 4) из 2 в 1, из 3 в 4, из 2 в 4, из 4 в 1, из 1 в 3
- 5) из 3 в 1, из 2 в 3, из 2 в 4, из 4 в 2
- 6) из 2 в 1, из 4 в 2, из 1 в 4, из 3 в 1, из 2 в 3
- 7) из 3 в 2, из 2 в 4, из 4 в 1, из 1 в 3
- 8) из 3 в 2, из 2 в 4, из 4 в 1, из 1 в 3, из 3 в 4
- 9) из 2 в 1, из 1 в 4, из 4 в 3, из 3 в 1, из 1 в 4, из 4 в 2

2. В файле ответов дайте расчеты и пояснения. (3 балла)

IV. Двуслойные нанотрубки (математика)



Напомним, что диаметр нанотрубки хиральности (m, n) равен

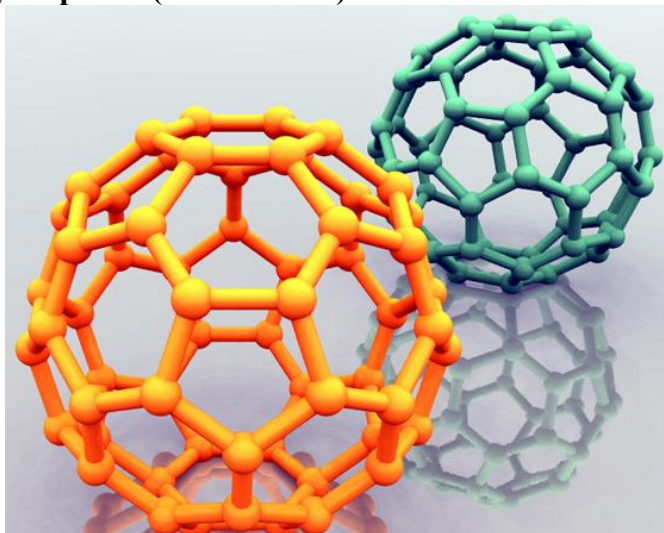
$$d = \frac{a\sqrt{3}}{\pi} \sqrt{m^2 + mn + n^2},$$

где $a \approx 0,142$ нм — расстояние между соседними атомами углерода в решётке графена.

Двуслойная нанотрубка состоит из двух слоёв — однослойных нанотрубок, расположенных одна внутри другой. В этой задаче мы будем рассматривать только двуслойные нанотрубки, такие что хиральности их слоёв пропорциональны (то есть имеют вид (um, un) и (vm, vn) — целые числа, считайте, что m, n — неотрицательные числа).

1. Выразите в файле ответов расстояние между слоями двуслойной нанотрубки через u , v , m и n . (5 баллов)
2. Найдите все тройки чисел (m , n , модуль $(u-v)$), для которых расстояние между слоями нанотрубки отличается от расстояния, полученного в пункте IV.3, не более, чем на 5% (опишите это все в файле ответов, 5 баллов).
3. Ниже найдите правильный вариант для расстояния между слоями нанотрубки, если её слои имеют хиральности (7, 3) и (14, 6). (2 балла)
 - 1) 0.5 Ангстрем
 - 2) 1 Ангстрем
 - 3) 3.48 Ангстрема
 - 4) 7.1 Ангстрем
 - 5) 1.1 нм
 - 6) 2.05 нм
 - 7) 2.15 нм
 - 8) 2.17 нм
 - 9) 3.5 нм

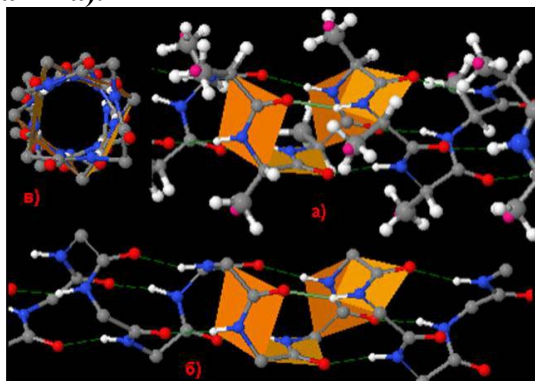
V. Гидрирование фуллеренов (математика)



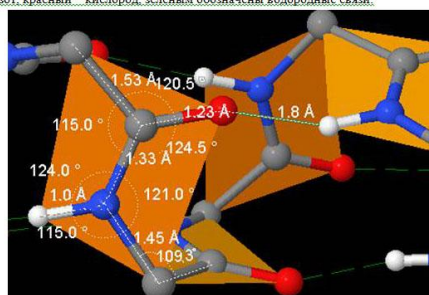
С химической точки зрения, фуллерен C_{60} , все атомы углерода в котором находятся в sp^2 -гибризованном состоянии, можно рассматривать как ненасыщенный углеводород.

1. Рассчитайте, сколько связей С-С разрывается при гипотетическом полном гидрировании (без фрагментации углеродного скелета) углеводорода, содержащего А двойных связей и В циклов, с образованием предельного алкана C_nH_{2n+2} и укажите это вариант ниже? (3 балла)
2. В файле ответа напишите уравнение этой реакции. (1 балл)
3. Напишите в файле ответов уравнение полного гидрирования фуллерена C_{60} , рассчитайте из имеющихся данных, какое количество связей С-С разрывается, сколько при этом двойных связей переходит в одинарные и сколько пятичленных и шестичленных циклов разрывается? Объясните в файле ответов полученный результат. (3 балла)
 - 1) А
 - 2) В
 - 3) А+В
 - 4) А+2В
 - 5) 2А+В
 - 6) 2А+2В
 - 7) 2А
 - 8) 2В

VI. Наноспираль (математика).



α -спираль полиаланина: а) полный общий вид, б) только основной скелет, в) вид основного скелета вдоль оси. Цветные обозначения: серый – углерод, белый – водород, синий – азот, красный – кислород, зеленым обозначены водородные связи.



Параметры пептидной связи (связи между атомами лежат в одной плоскости).

Впервые альфа-спираль была предсказана в 1951 году Лайнусом Полингом на основе моделирования структуры белка. По статистике, это один из наиболее часто встречающихся элементов вторичной структуры белка – примерно треть от всего количества аминокислот в природных белках находятся в альфа-спиралях. При таком способе пространственного расположения аминокислот атом кислорода СО-группы i -й аминокислоты и атом водорода аминогруппы $(i+4)$ -й аминокислоты полипептидной цепи соединены между собой водородной связью (см. рис. вверху). Необходимо отметить, что группы, образующие водородную связь, практически параллельны оси спирали.

1. Основываясь на параметрах пептидной связи и способе ее укладки, примерно рассчитайте длину полипептида, состоящего из 20-ти аминокислотных остатков аланина. (4 балла)
2. В файле ответов укажите сделанные вами при расчете допущения. (3 балла)
 - 1) 1.15 нм
 - 2) 2.42 нм
 - 3) 2.47 нм
 - 4) 2.54 нм
 - 5) 2.56 нм
 - 6) 2.61 нм
 - 7) 3.18 нм
 - 8) 4.76 нм
 - 9) 22.01 нм

VII. Самый-самый (математика)



Углеродные каркасные структуры, подобные мотивам авангардной архитектуры, углеродные мячики – как только не называют эту аллотропную форму углерода, ставшую одним из традиционных символов нанотехнологий. Но все ли фуллерены нанобъекты? Давайте разберемся.

1. Какое минимальное количество пяти- и шестиугольных граней может содержать фуллерен? Обоснуйте в файле ответов, используя формулу Эйлера. (3 балла)
2. Назовите правильную формулу самого маленького фуллерена, выбрав из ниже перечисленного. (2 балла)
 - 1) C_1
 - 2) C_2
 - 3) C_5
 - 4) C_6
 - 5) C_{10}
 - 6) C_{20}
 - 7) C_{30}
 - 8) C_{40}
 - 9) C_{60}
 - 10) C_{70}
3. В файле ответов приведите строение этого самого маленького фуллерена и двух его возможных структурных изомеров. Оба изомера должны иметь осевую симметрию и являться валентно-насыщенными, но могут содержать тройные связи углерод-углерод. (3 балла)
4. Предложите в файле ответов варианты геометрического построения изомеров фуллерена C_{2n} при «димеризации» рассмотренных ранее структур C_n . (3 балла)
5. Можно ли считать данные структуры нанобъектами и почему? Подтвердите в файле ответов расчетами. Принять длину всех С-С связей, равной, как в графите, 0,142 нм, размерами атомов пренебречь. (5 баллов)
6. Какой размер для самого маленького фуллерена у Вас получился, дайте наиболее подходящий ответ из ниже перечисленных? (1 балл)
 - 1) 0.4 нм
 - 2) 0.75 нм
 - 3) 0.8 нм
 - 4) 1.1 нм
 - 5) 1.3 нм
 - 6) 1.6 нм
 - 7) 2.3 нм
 - 8) 11 нм

VIII. Магнитные наночастицы на кухне (химия, начинающие)



Для получения магнитных наночастиц к 100 мл практически бесцветного 0,1М раствора вещества А, добавляют 100 мл 0,1М практически бесцветного раствора соли В и раствор вещества С, создающий среду с рН больше 13. При энергичном перемешивании полученного раствора на магнитной мешалке из него выделяется бурый осадок D, который со временем становится черным. Черный порошок Е состоит из сферических наночастиц со средним диаметром 33 нм. Он растворим в соляной и азотной кислотах, притягивается магнитом. Порошок Е с диаметром частиц более 1 мкм можно получить выпариванием раствора вещества А и последующим его нагреванием до 900 градусов Цельсия. Вещество Е представляет собой рудный минерал.

1. В файле ответов назовите возможные вещества А, В, С, D, Е, учитывая, что фильтрат после отделения Е не дает осадков с хлоридом бария и нитратом серебра. (3 балла) Как меняется кислотность среды раствора по мере протекания реакции? (1 балл) С чем связано изменение цвета осадка? (1 балл) Почему для синтеза используют только свежеприготовленные растворы реагентов А, В, С? (1 балл)
2. Ниже укажите, какую комбинацию цветов, скорее всего, имеют вещества А и В, когда находятся в кристаллическом состоянии. (2 балла)
 - 1) ядовито - желтый и малиновый
 - 2) серый и красный
 - 3) черный и темно - фиолетовый
 - 4) красный и оливковый
 - 5) светло - зеленый и бледно - фиолетовый
 - 6) коричневый и аквамаиновый
 - 7) изумрудный и фуксиновый
 - 8) оранжевый и золотистый

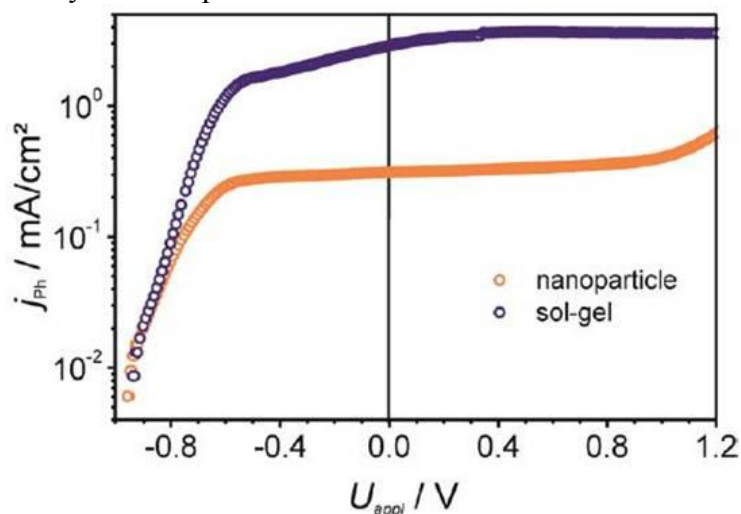
IX. У вас нет диоксида титана? Тогда мы идем к вам! (химия, начинающие)



На сегодняшний день материалы на основе диоксида титана являются одними из самых востребованных на мировом рынке. Суммарное производство таких материалов составляет ~5 тыс. тонн/год. В частности, диоксид титана используется в качестве белого красителя E171 в пищевой промышленности.

1. Как можно изменить цвет диоксида титана на желтый? (2 балла)

- 1) при выдерживании в холодильнике
- 2) при выдерживании в течение суток на солнечном свете
- 3) при легировании азотом
- 4) при перетирании
- 5) при растворении в воде
- 6) при растворении в азотной кислоте
- 7) при облучении "красной" лампой



Конечно, большую часть производимого в мире диоксида титана с трудом можно отнести к наноматериалам. Однако в последние годы они постепенно отвоёвывают позиции у объемных материалов. Так, хорошо известно, что микроструктура наноматериалов в первую очередь определяется методом и условиями получения, а для наноматериалов на основе диоксида титана известно огромное число микроморфологий: шарообразная, сферическая, нанотрубки и т.д.

2. В файле ответов приведите примеры того, как метод получения материалов на основе диоксида титана влияет на микроструктуру продукта синтеза, а также поясните, чем обусловлена данная микроструктура. (до 5 баллов) Приведите примеры потенциальных применений наноматериалов на основе диоксида титана. (3 балла)

Иногда учёным в рамках одного какого-то применения хочется сравнить, а как будут вести себя материалы, полученные при различных условиях и с использованием различных методик синтеза. Конечно же, наноматериалы на основе диоксида титана не являются исключением. Так, изучая поведение TiO_2 в элементах для фотохимического расщепления воды, было показано, что метод нанесения тонкой плёнки диоксида титана на подложку существенно сказывается на эффективности работы такой солнечной батареи (см. рисунок - так называемую вольт-амперную характеристику). В первом случае ("nanoparticle", оранжевая кривая) тонкую плёнку получали методом осаждения наночастиц из суспензии (золя) на подложку, во втором – золь-гель методом ("sol - gel", фиолетовая кривая). При этом такая важная характеристика как ширина запрещённой зоны остаётся практически неизменной.

3. С чем, скорее всего, может быть связано подобное существенное различие? (3 балла)

- 1) различий на графиках нет
- 2) существенно изменяется кислородная нестехиометрия
- 3) существенно изменяется содержание титана
- 4) в материалах присутствуют различные примеси
- 5) в материалах в несколько раз различается содержание гидратной воды
- 6) материалы имеют различный характер расположения частиц и их взаимных контактов
- 7) материалы имеют различную кристаллическую (аллотропную) модификацию

Х. Золотые дреды (химия, начинающие)

(просьба не пытаться повторить – ОПАСНО!)



Yea, I'm golden man now! – решил юный рэпер PJ. Для соответствия образу он решил радикально позолотить свои дреды. Все пять штук сразу. Промыв их ацетоном и затем водой (1), PJ опустил их в раствор боргидрида натрия в 0,1М растворе кальцинированной соды (2). Затем прополоскал их свежекипячённым дистиллятом (3) и обработал раствором коллоидного золота с цитратным стабилизатором (4). Полученный результат его не удовлетворил, и PJ решил нарастить золота побольше, для чего долго промывал волосы раствором $NaAuCl_4$ с витамином С и содой (5). То, что получилось в итоге, согнул в нужную форму и поехал на тусовку.

1. В файле ответов опишите подробно, что происходило с волосами на каждой из описанных операций. Поясните выбор реагентов и условий обработки. Напишите схемы протекающих реакций. (5 баллов)
2. Какое из веществ (компонентов), входящих в состав человеческих волос было изначально ответственно за успех всей операции? (3 балла)
 - 1) цистин

- 2) липиды
- 3) вода
- 4) глутамин
- 5) аргинин
- 6) аланин
- 7) серин
- 8) валин
- 9) лизин

3. В файле ответов поясните, почему Вы именно так считаете? (2 балла)

XI. Инноватор (10 - 11 класс, химия и материалы, задача повышенной сложности)

1
ХОЧУ (...) ДОМ!
КУТИМ (...)! **1**

2
РАСТВОРИМ В (...).

3
БУДЕМ ДОБАВЛЯТЬ?

4
БЕДНЫЙ ШПАТЕЛЬ!

5
ЭВРИКА!

6

Вашему вниманию предлагается первый российский нанокомикс "Инноватор", который описывает (указывает на) один важный класс материалов, связанных с потенциальным улучшением качества нашей жизни в уже недалеком будущем. Надеемся, что за подобной экзотической формой Вы увидите интересное содержание, для этого надо быть внимательным и любознательным (обязательно кликните один раз на картинку, чтобы увеличить фото и рассмотреть их в деталях!)

Решил однажды муж* один построить новый дом.

И нечто важное купил (1), но что - забыл потом.

Он нечто в чем - то растворял (2), достав и кислоту (3).

И шпатель синь раствору дал (4), "Калгон" же - желтизну.

Увидев это, обомлел и "Эврика!" вскричал.

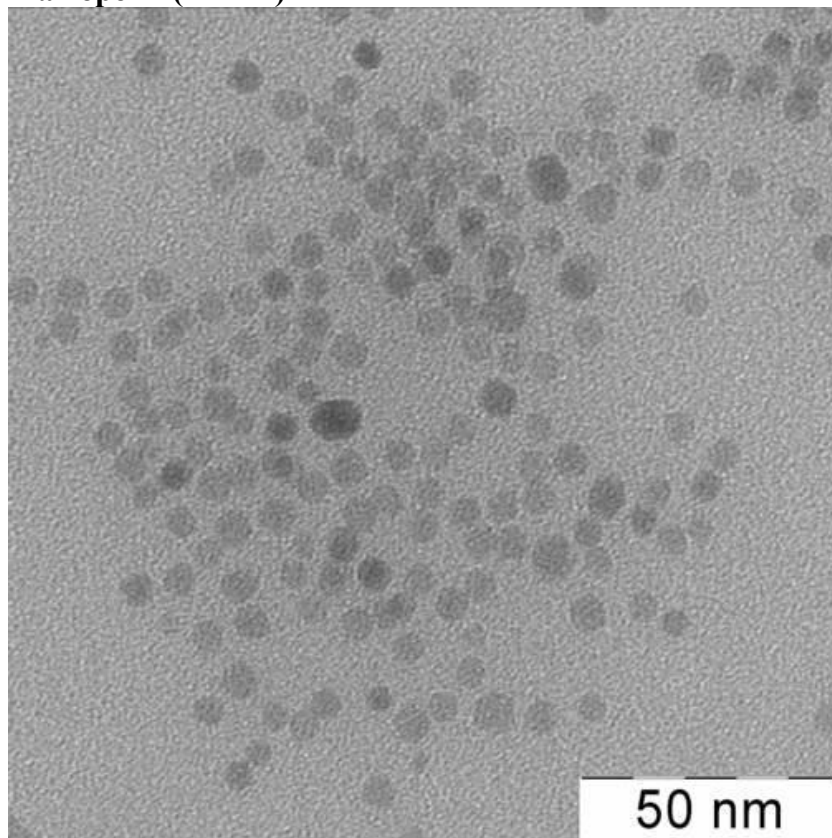
Он понял - есть теперь задел, и сделал, как мечтал.

1. Какой именно дом хотел построить герой стиха, дайте ниже правильный вариант ответа. (3 балла)
2. Поясните в файле ответов, почему такие дома так называют? (5 баллов)
 - 1) прочный
 - 2) умный
 - 3) белый
 - 4) стерильный
 - 5) самовосстанавливающийся
 - 6) самовоспламеняющийся
 - 7) самоочищающийся
 - 8) скользкий
 - 9) съедобный
3. Что было куплено, дайте ниже правильный вариант ответа (картинка 1)? (3 балла)
4. В файле ответов укажите возможную формулу купленного вещества и дополнительно поясните, в чем может заключаться его полезная роль на картинке 1. (5 баллов)
5. В файле ответов опишите строение купленного вещества и напишите также уравнения реакций и превращений, происходящих с веществом на картинках комикса 2 и 3 (не жалко ему палец???), объяснив, стоило ли добавлять кислоту (и сколько примерно) или все же не стоило. (5 баллов)
 - 1) пестицид
 - 2) наркотик
 - 3) удобрение
 - 4) антибиотик
 - 5) гелеобразующий агент для гидропоники
 - 6) суперклей
 - 7) биологически активная добавка
 - 8) поверхностно-активное вещество
 - 9) анальгетик
 - 10) колония нанороботов
6. Из какого материала должен быть сделан шпатель, чтобы посинеть (картинка 4), выбирайте ниже один, самый правильный, ответ. (3 балла)
7. В файле ответов поясните, почему герой комикса вскричал "Эврика", когда увидел превращения на картинках 5 и 6. Что помогло ему опознать вещество (напишите реакции) и чем его особенно порадовал посиневший шпатель? При этом важно сказать, что именно представляет собой синь и что ей придает такой цвет, а также объяснить, почему "Калгон" дает такой желтый цвет. (15 баллов)
 - 1) обязательно из железа

* Примечание: в смысле, домовитый мужчина, ученый муж...

- 2) можно из никеля
 - 3) из цинка (ну хотя бы оцинкованный шпатель!)
 - 4) из кобальта
 - 5) из марганца
 - 6) потенциально - из любого выше перечисленного материала
 - 7) этого материала тут нет
8. Для изготовления чего такого уникального в "новом доме" может быть использовано купленное вещество (еще не продающегося в наших магазинах, но косвенно имеющего отношение к наноматериалам)? (3 балла)
9. В файле ответов объясните принцип действия и создаваемый в "новом доме" эффект от использования предлагаемого устройства (изделия), указав, какие еще вещества и материалы следует применить. (10 баллов)
- 1) потолка
 - 2) пола
 - 3) дверей
 - 4) кухонного стола
 - 5) плитки в ванной комнате
 - 6) окон
 - 7) бронеключа

XII. Липофильная броня (химия)



В раствор, содержащий высококипящий органический растворитель и 5 грамм олеиновой кислоты, добавляется 1,67 мл пентакарбонила железа, который при температуре 130 градусов С подвергается разложению. Полученный продукт окисляется определенным окислителем до оксида железа (III). При этом образуются сферические частицы диаметром 10 нм.

1. Предложите в файле ответов Ваши варианты высококипящего растворителя и окислителя, обосновав это предложение. (5 баллов)
2. В файле ответов укажите также, что еще, кроме карбонила железа, можно было бы взять в качестве железо - содержащего реактива. (3 балла)

3. Рассчитайте, какая доля (в мол.%) исходно добавленной олеиновой кислоты уйдет на то, чтобы покрыть все частицы оксида железа плотным монослоем (считать, что поверхность частиц гладкая, они получаются с количественным выходом, площадь «посадочной площадки» одной молекулы олеиновой кислоты $46 \cdot 10^{-16}$ см², молярную массу олеиновой кислоты подсчитайте сами, плотность пентакарбонила железа 1.4664 г/см³, плотность самого оксида железа (III) 4.86 г/см³. (7 баллов)

- 1) 0.11
- 2) 1.11
- 3) 11.1
- 4) 21
- 5) 25
- 6) 2.5
- 7) 0.25
- 8) 50
- 9) 100

ХIII. ДНК - пушка (химия)

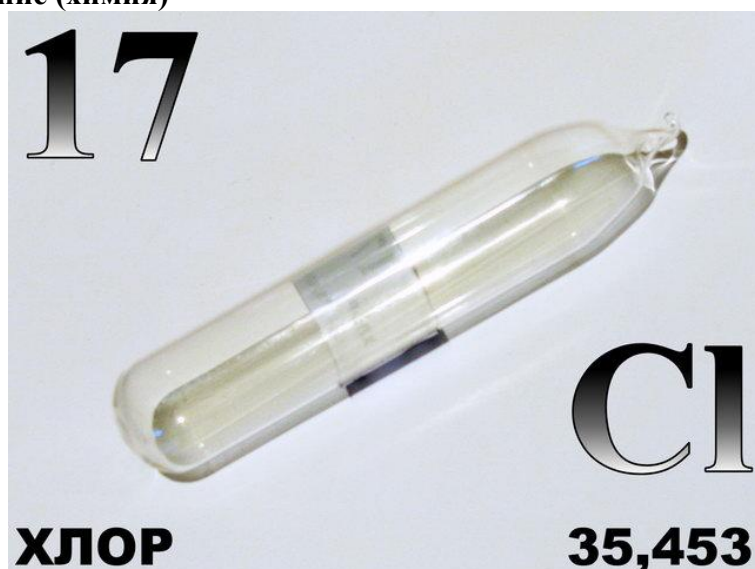


“Много нынче про золото говорят”, - решил юный химик Вася и решил исследовать свойства этого металла. Взяв фамильную золотую сковородку, Василий поскрёб её напильником и опилки растворил в царской водке. Полученный раствор Вася несколько раз упарил с дистиллированной водой для получения чистого вещества А. Обработав раствор избытком гидразина, Вася получил сферические золотые наночастицы диаметром 10 нм. При получении наночастиц выделялся газ. Объём раствора составил 5 мл при концентрации частиц $6,026 \cdot 10^{-8}$ моль/л. Вася дополнительно стабилизировал наночастицы, обработав их меркаптоэтанолам. Далее он разделил раствор пополам и часть использовал для стрельбы из ДНК-пушки. У “дульного среза” скорость наночастиц составляет 20 м/с. Вторую половину раствора Вася израсходовал для печати наноконтактов на перспективном нанопроцессоре. Для этого он создал специальный полимер, покрыл им полированную кремниевую пластину диаметром 15 см и равномерно распределил остаток раствора на этой поверхности. После высыхания воды Вася получил несмываемый слой равномерно размещённых на поверхности наночастиц. Прокалив его в инертной атмосфере при 900°С, он припаял золотые контакты. Плотность золота равна 19,32 г/см³.

1. В файле ответов запишите уравнения произошедших реакций. (5 баллов)
2. Рассчитайте расстояние между наночастицами контактов, если наночастицы распределены абсолютно равномерно, найдите правильное значение из ниже перечисленных. (5 баллов)
 - 1) 5 нм

- 2) 7 нм
 - 3) 9 нм
 - 4) 11 нм
 - 5) 120 нм
 - 6) 125 нм
 - 7) 256 нм
 - 8) 301 нм
 - 9) 356 нм
3. В файле ответов напишите, для чего используется ДНК-пушка? (3 балла)
 4. Определите кинетическую энергию летящих из ДНК-пушки наночастиц в Джоулях на 1 частицу. (2 балла)
 - 1) 1.1
 - 2) 187
 - 3) $2.02 \cdot 10^{-18}$
 - 4) $1.05 \cdot 10^{-18}$
 - 5) $2,95 \cdot 10^{-23}$
 - 6) $2,05 \cdot 10^{-13}$
 - 7) $6.6 \cdot 10^{-11}$
 - 8) 75 мДж
 - 9) 19 нДж

XIV. Хлорирование (химия)



Среди первых реакций фуллеренов были реакции их галогенирования. До недавнего времени, однако, было описано только одно полихлорпроизводное фуллерена C₆₀ (A), содержащее 22.8% хлора по массе.

1. Определите молекулярную формулу этого соединения. (2 балла)
 - 1) C₆₀Cl₁
 - 2) C₆₀Cl₂
 - 3) C₆₀Cl₃
 - 4) C₆₀Cl₄
 - 5) C₆₀Cl₅
 - 6) C₆₀Cl₆
 - 7) C₆₀Cl₇
 - 8) C₆₀Cl₈
 - 9) C₆₀Cl₁₂
 - 10) C₆₀Cl₁₆

Состав соединений такого типа обычно определяют с помощью метода масс-спектрометрии. Суть этого метода заключается в испарении заряженных частиц,

образующихся при облучении вещества потоком высокоэнергетических электронов, в высоком вакууме. Если к стенкам вакуумированной камеры приложить разность потенциалов, положительно заряженные частицы движутся к катоду, а отрицательно заряженные – к аноду, причем скорость движения зависит от их массы, что позволяет определять отношение массы частицы m к ее заряду z (m/z). В некоторых методах масс-спектрометрии получают только молекулярные ионы (ионы, образующиеся при удалении из молекулы одного электрона), в других также детектируются ионы, образующиеся при распаде молекулярного иона.

В случае фторфуллеренов масс-спектры относительно просты, поскольку фтор в природе существует в виде единственного изотопа ^{19}F , а углерод примерно на 99% состоит из изотопа ^{12}C . Но если в анализируемое соединение входит элемент, присутствующий в природе в виде нескольких изотопов, то вместо одного пика получается несколько, причем их интенсивность определяется относительным содержанием каждого изотопа. Например, в продукте присоединения к фуллерену C_{60} одного эквивалента дибромкарбена $:\text{CBr}_2$ (В) молекулярному иону будут соответствовать три пика в соотношении примерно 1:2:1.

2. Укажите, выбрав ниже правильный вариант, величины m/z для молекулярного иона В. (3 балла)
3. В файле ответов укажите, сколько пиков соответствуют молекулярному иону соединения А. Какой пик имеет наибольшую интенсивность (укажите значение m/z и обоснуйте Ваш выбор расчетами). (7 баллов)
 - 1) 170, 172 и 174
 - 2) 454, 456 и 458
 - 3) 730, 732 и 734
 - 4) 768, 770 и 772
 - 5) 802, 804 и 806
 - 6) 890, 892 и 894
 - 7) 904, 906 и 910
 - 8) 948, 950 и 952
 - 9) 974, 976 и 978
 - 10) 996, 998 и 1001

XV. По поводу пузырей... (биология, начинающие)



Мы очень любим мыльные пузыри. Они такие большие, медленно плывут по воздуху, переливаются радужными красками! А теперь представьте, как биолог, мыльные пузыри "наоборот". То есть, что они плавают в воде, могут быть достаточно маленькими, играть большую роль в жизни нашего организма, да и радужных переливов на них не бывает.

1. В файле ответов укажите, что ЭТО такое, как ОНО называется? (2 балла) Что общего у мыльных пузырей и ЭТОГО? (1 балл) Какое ОНО имеет строение? (2 балла) Как можно приготовить ЭТО в лаборатории, дома, на производстве?

(2 балла) А почему все-таки на ЭТОМ не может быть цветных разводов, и откуда они берутся на мыльных пузырях? (2 балла)

2. Ниже дайте самый правильный (самый естественный и вероятный) вариант ответа, зачем нужно ЭТО готовить (2 балла)?

- 1) для создания космических аппаратов
- 2) для работы ГЛОНАС
- 3) для мытья волос в парикмахерской
- 4) для создания омолаживающей косметики
- 5) для создания автомобильных шампуней
- 6) для приготовления изотонических растворов
- 7) для создания кровоостанавливающих повязок
- 8) для разработки рецептур пероральных болеутоляющих средств

3. В файле ответов дополнительно напишите, как ЭТО можно использовать? (3 балла)

XVI. Фармакопоя (биология, начинающие)



Вы создали новые лекарственные препараты: (1) мазь для наружного применения; (2) капсулы для перорального приема и (3) раствор для внутривенного введения. Препараты содержат (а) наночастицы серебра и (б) углеродные наночастицы.

1. Дайте в файле ответов рекомендации, какие испытания и исследования действия этих препаратов следует провести перед тем, как выпускать в продажу? (3 балла)

2. Какие свойства клеток и каких именно клеток наиболее вероятно будут изменяться под действием созданных препаратов? (2 балла)

3. Предположите (укажите вариант ниже), какие клетки и ткани могут взаимодействовать и накапливать указанные наночастицы. (2 балла)

- 1) клетки головного мозга
- 2) красные кровяные тельца
- 3) фибробласты
- 4) эпидермис
- 5) иммунные клетки, клетки кишечных ворсинок
- 6) клетки костного мозга

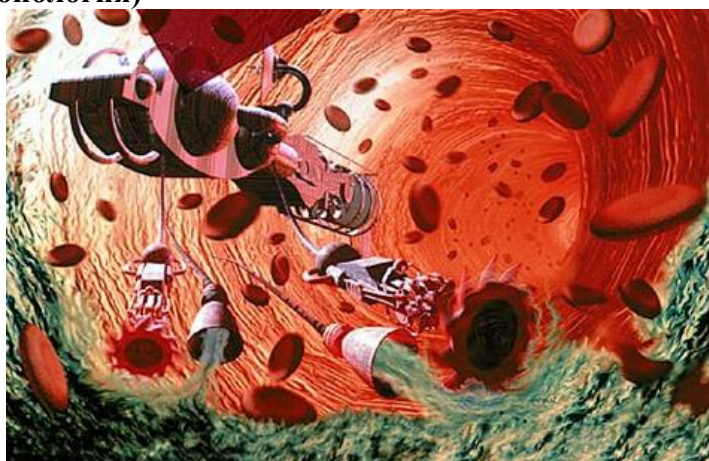
XVII. Шепот (биология, начинающие)



Известно, что соседние клетки одной ткани «перешептываются», передавая «шепотинки» друг другу. В компанию «шепчущихся» принимают только тех, у кого есть специальные нано-приспособления для этого. Причем, если в цитоплазме одной из клеток повысится концентрации Ca^{2+} , соседние обижаются на нее и временно перестают с ней «шептаться».

1. Что за шепот имеется в виду, укажите ниже правильный вариант. (2 балла)
 - 1) передача химических веществ из клетки в клетку через щелевые контакты
 - 2) ультразвуковые колебания
 - 3) инфразвуковые колебания
 - 4) электромагнитные колебания
 - 5) передача фотонных импульсов при хемотрюминесценции
 - 6) передача тепловых колебаний (фононов)
 - 7) высокочастотные колебания
 - 8) гравитационные колебания
 - 9) упругие колебания окружающей среды
 - 10) обмен фосфолипидными мембранами
2. В файле ответов опишите, как клетки шепчутся, какие «шепотинки» могут передаваться из клетки в клетку? (3 балла)
3. Какими наноструктурами обеспечивается такой шепот? (2 балла)
4. Что происходит при повышении концентрации Ca^{2+} в одной из клеток? (4 балла)

XVIII. Нанотела (биология)

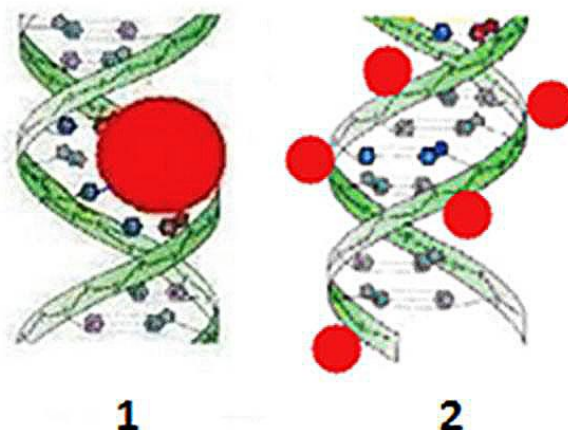


Наноалмаз, наноуглерод, нанокластеры... Чего только не придумали с приставкой "нано"! Очень много терминов родилось и умерло за это время, хотя кое - какие заслуженно (или незаслуженно) остались.

1. А вот что такое нанотела, укажите наиболее подходящий вариант ниже. (2 балла)
 - 1) нанороботы ("серая слизь")
 - 2) любые наночастицы

- 3) наночастицы округлой формы
 - 4) изолированные наночастицы
 - 5) вирусы ("зеленая слизь")
 - 6) глобулярные белки
 - 7) варибельные части «упрощенных» антител
 - 8) красные кровяные тела
 - 9) фагоциты
 - 10) везикулы
2. В файле ответов укажите, в каком виде они встречаются в природе, если они там есть, если их там нет, то укажите, где их можно найти. (2 балла)
 3. Опишите в общем виде схему их получения, если она уже существует. (1 балл)
 4. Каковы возможные применения нанотел, в чем их преимущества и недостатки по сравнению с функциональными аналогами? (3 балла)
 5. Сравните их свойства (стабильность, растворимость, биодоступность, время жизни в организме). (2 балла)
 6. Как нанотела можно «спрятать» от иммунной системы организма? (2 балла)
 7. Для лечения каких заболеваний целесообразно применять нанотела: ангины, гриппа, неспецифического язвенного колита, себореи, сахарного диабета, серповидно-клеточной анемии, системной красной волчанки, чего-то еще? Ответ поясните. (4 балла)

XIX. Потенциальный антиоксидант (биология)

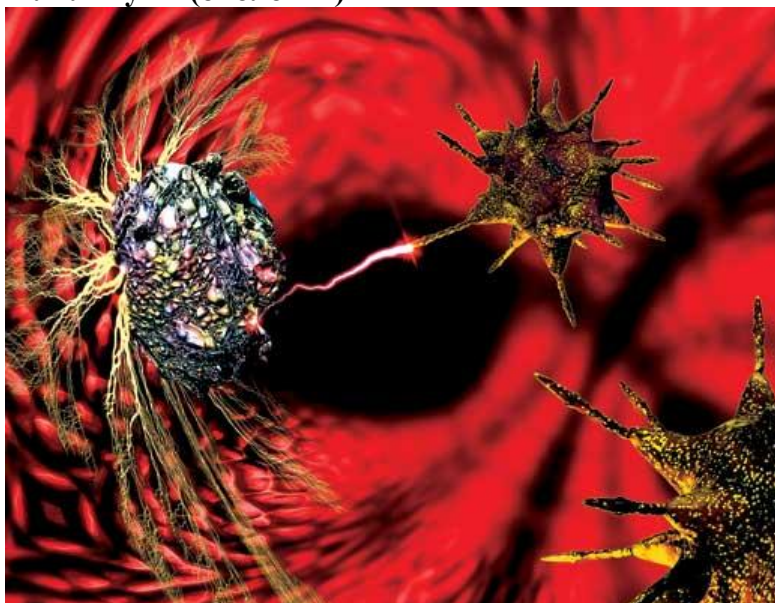


Вещество X, размеры молекул которого находятся в нанодиапазоне, давно привлекает исследователей как потенциальный протектор от ионизирующего излучения и антиоксидант. Подтверждением тому является большое число статей в журналах о наномедицине, посвященных свойствам данного вещества. Известно, что X содержит 63,83% углерода, 2,15% водорода, 34,02% кислорода по массе (молярная масса <math>< 1300 \text{ г/моль}</math>) и синтезируется из самого известного соединения этого класса веществ Y в две стадии. X не содержит связей C-H. Предполагают, что X может связываться как с большой канавкой ДНК, так и с ее полифосфатным остовом (см. рисунок).

1. Определите молекулярную формулу X, выбрав ниже подходящий вариант. (2 балла)
2. В файле ответов назовите вещество, приведя расчеты. (3 балла)
3. Укажите в файле ответов, почему молекула X может располагаться только в большой, но не малой канавке ДНК? (2 балла)
4. В файле ответов объясните, при помощи какого типа связей формируются комплексы X-ДНК, представленные на рисунке, и почему именно эти связи участвуют во взаимодействии? (2 балла)

5. При приготовлении водных растворов X для внутривенного введения к ним приходится добавлять поверхностно-активные вещества. В файле ответов поясните, зачем так делают. (2 балла)
6. В файле ответов дополнительно укажите, каковы возможные препятствия к использованию X в медицинской практике. (2 балла)
 - 1) $C_{10}H_{66}O_2$
 - 2) $C_{13}H_{34}O_{13}$
 - 3) $(CHO)_n$
 - 4) $C_{2n}H_{2n+2}O_{3n}$
 - 5) $(C_{15}H_6O_6)_n$
 - 6) CH_3COOH
 - 7) C_2H_5OH
 - 8) $C_{24}H_{48}O_{32}$

XX. Гулливеры и лилипуты (биология)

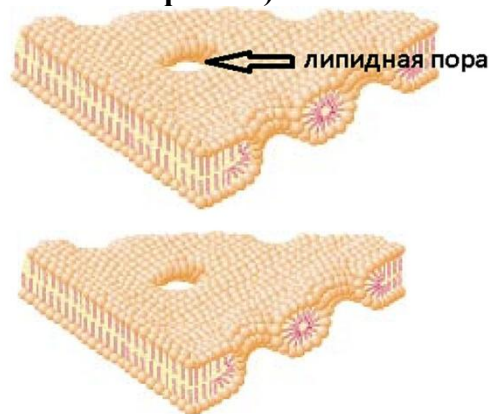


В известном вам всем произведении про путешествия Гулливера говорится, что существуют лилипуты – уменьшенные, но точные копии людей. А так ли это в мире вирусов?

1. Назовите и опишите в файле ответов размер, особенности, происхождение названия, вызываемые заболевания для «Гулливера» и самых маленьких «лилипутов» мира вирусов. (0,5 балла за каждый корректный пример) Можно ли «лилипутов» считать уменьшенными копиями «Гулливера»? Почему? (1 балл)
2. Укажите в файлах ответов, в чем «Гулливер» похож на бактерии и чем отличается от них? (1 балл)
3. Как известно, вирус настолько простая форма жизни (хотя споры о том, являются ли вирусы живыми, ведутся до сих пор), что не может существовать самостоятельно, без организма-«компаньона». Объясните в файле ответов, может ли вирус сам стать таким «компаньоном» и содержать «приживал»? (1 балл) Если да, то как «компаньоны» и «приживалы» связаны с «Гулливером» и «лилипутами», рассмотренными в первом задании? Ответ обоснуйте в файле ответов. (2 балла)
4. В отличие от большинства вирусов, некоторые из «лилипутов» мира вирусов, попадая в клетку, не в состоянии даже запустить сборку вирусных частиц. Так, один из них, попадая в клетку и встраиваясь в ДНК, не может запустить процесс сборки вирусных частиц до некоторого события в жизни клетки. Что это за событие? (1 балл)
5. Если такой запуск синтеза, в конечном счете, может приводить к гибели клетки, где этот вирус может быть использован? (2 балла)

6. Другой вирус-«лилипут» не может ни самостоятельно запустить свой синтез, ни самостоятельно встраиваться в ядро клетки. Что должно произойти, чтобы начался синтез вирусных структур? (1 балл)
7. Где может быть использован второй вирус, укажите нужный вариант ниже. (2 балла)
 - 1) в пищевой промышленности
 - 2) для разведения грибов
 - 3) в качестве отравляющего вещества
 - 4) вектор в генной инженерии
 - 5) для очистки водоемов
 - 6) для уничтожения разливов сырой нефти
 - 7) в солнечных батареях

XXI. Дырявая мембрана (биология - физика).



Основная функция мембраны живой клетки – отделять внутриклеточное содержимое от окружающей среды (защитная или барьерная функция). Если в мембране возникают дефекты типа сквозной гидрофильной поры, ее барьерная функция нарушается, что может привести к гибели клетки. Однако если размер поры невелик, то она самопроизвольно «схлопывается», а целостность мембраны восстанавливается.

1. Напишите в файле ответов, какие факторы могут привести к образованию сквозной гидрофильной поры (сквозного отверстия в мембране). (1 балл)
2. Судьба поры зависит от ее радиуса. Критический радиус липидной поры в мембране (пограничное значение радиуса, определяющее будет ли пора увеличиваться или она схлопнется) зависит от краевого натяжения поры и поверхностного натяжения мембраны. Объясните в файле ответов, как зависит свободная энергия поры от ее радиуса? Выведите формулу для критического радиуса поры. (2 балла)
3. Какую форму должны иметь мембранные поры и почему? (1 балл)
4. Рассчитайте критический радиус липидной поры в отсутствие трансмембранного потенциала, приняв, что поверхностное натяжение боковой поверхности 10^{-3} Н, поверхностное натяжение липидного бислоя $0,3$ мН/м, толщина липидной части мембраны 5 нм. (3 балла)
5. Как изменится критический радиус поры, если на мембране имеется разность потенциалов? (2 балла) Рассчитайте критический радиус поры при наличии мембранного потенциала, приняв удельную емкость мембраны $0,3 \cdot 10^{-2}$ Ф/м², потенциал 100 мВ, диэлектрическую проницаемость воды 80 Ф/м, диэлектрическую проницаемость мембраны 2 Ф/м, остальные параметры как в п.5. (3 балла)
4. Какое практическое применение могут иметь методы, вызывающие образование пор в мембране, выберите самый правильный вариант ниже. (3 балла)
 - 1) лечение вирусных инфекций
 - 2) электростимуляция размножения клеток

- 3) подавление онкологических заболеваний
- 4) получение "клеточного бульона"
- 5) выделение цитоплазмы
- 6) искусственное выделение хромосомного аппарата
- 7) доставка плазмидной ДНК в генной инженерии, доставка наночастиц, электрослияние клеток
- 8) улучшение клеточного "дыхания"

XXII. От атомов - к телам (физика)

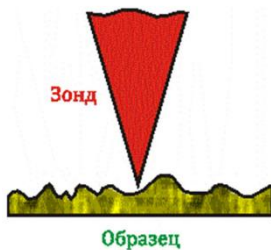


Рис. 1

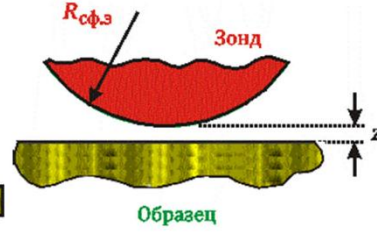


Рис. 2

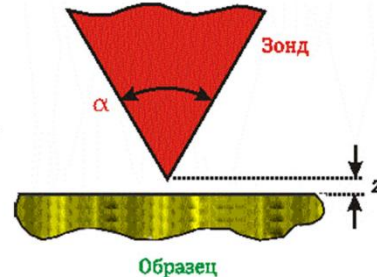


Рис. 3

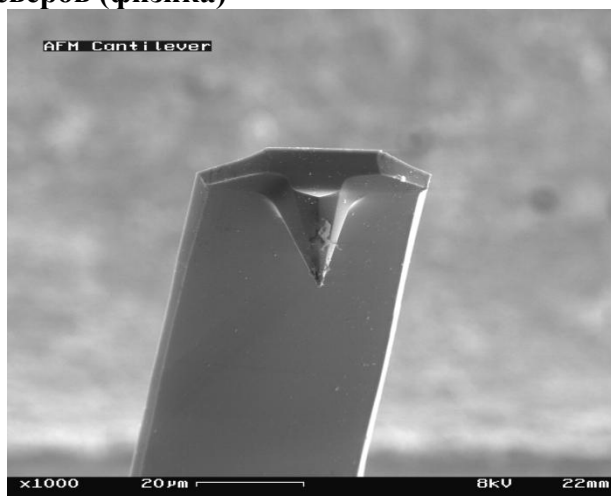
Атомно-силовая микроскопия играет важную роль среди методов, применение которых к исследованию различных объектов и структур необходимо для того, чтобы развивать нанотехнологии. Поскольку в основе этого вида микроскопии лежит измерение локального взаимодействия твердотельного зонда с образцом, понимание того, как именно они взаимодействуют, необходимо для правильного использования атомно-силового микроскопа. Обычно, когда говорят о взаимодействии зонда с поверхностью, то упоминают потенциал Леннарда-Джонса, который описывает взаимодействие между незаряженными частицами. Один из членов выражения, описывающего потенциал Леннарда-Джонса, соответствует притяжению. Силы этого притяжения называются вандер-ваальсовыми.

1. В файле ответов напишите формулу потенциала Леннарда-Джонса. (1 балл)
Назовите три основных взаимодействия, вносящих свой вклад в силы Ван-дер-Ваальса, укажите, в чем физический смысл каждого из этих взаимодействий. (2 балла)
Изобразите на одном графике потенциал Леннарда-Джонса и силу взаимодействия между частицами, вызванную потенциалом Леннарда-Джонса. В качестве аргумента используйте расстояние между частицами d . (2 балла)
2. Укажите другое, «жаргонное», название потенциала Леннарда – Джонса, выбрав один из вариантов ответов ниже. (2 балла)
 - 1) потенциал 6-12
 - 2) потенциал 7-40
 - 3) потенциал 5-13
 - 4) потенциал 8-42
 - 5) гравитационный потенциал
 - 6) кулоновский потенциал
 - 7) электростатический потенциал
 - 8) диффузионный потенциал

Потенциал Леннарда-Джонса, как уже говорилось, хорошо описывает взаимодействие между двумя частицами. Сами частицы при этом должны иметь размеры много меньше, чем расстояние между ними. Этот потенциал хорошо описывает взаимодействие отдельных атомов и молекул, а также силы, возникающие между ними. Однако в атомно-силовой микроскопии измеряются силы взаимодействия зонда и поверхности образца (см. рис. 1). Хотя зонд и образец состоят из отдельных атомов и/или молекул, они имеют вполне определенную форму. Эта форма, как и потенциал взаимодействия отдельных атомов или молекул, может оказывать влияние на силу взаимодействия между зондом и поверхностью образца.

3. Опишите в файле ответов, как зависит ван-дер-ваальсова сила притяжения между зондом и плоской поверхностью от расстояния z между ними в том случае, когда зонд имеет форму сферы радиусом R , который существенно больше z (см. рис. 2), а потенциал взаимодействия частиц не зависит от того, где они находятся – на границе тела или в его глубине. Ответ обоснуйте. (2 балла)
4. Опишите в файле ответов, как зависит ван-дер-ваальсова сила притяжения между зондом и плоским образцом от расстояния z между ними в том случае, когда острие зонда имеет форму конуса, угол при вершине которого равен α (см. рис. 3). Считайте, что острие имеет бесконечно острую вершину, а потенциал взаимодействия частиц не зависит от того, где они находятся – на границе тела или в его глубине. Ответ обоснуйте. (2 балла)
5. Зонд атомно-силового микроскопа часто аппроксимируют конусом со сферической вершиной. Опишите в файле ответов, в каком случае при расчете ван-дер-ваальсовой силы притяжения между ним и плоским образцом можно пользоваться приближением сферического зонда, а в каком – конического? Обоснуйте свой ответ. (1 балл)
6. Укажите, в каком из ниже перечисленных случаев Ваши рассуждения будут, скорее всего, оставаться в силе. (3 балла)
 - 1) исследование «жесткого диска» иглой с напыленным слоем никеля
 - 2) атомно – биологическая микроскопия
 - 3) исследование кристалла сегнетовой соли проводящим зондом
 - 4) исследование твердости подложки алмазным зондом
 - 5) исследование слюды кремниевым кантилевером
 - 6) ближнепольная микроскопия
 - 7) гигантское комбинационное рассеяние в применении к нанобъектам

XXIII. Набор кантилеверов (физика)



Во всех вопросах этой задачи не требуется проводить точный расчёт, а нужно сделать лишь приближённую, простую оценку с использованием известных уравнений для упрощенных или модельных систем. Необходимые параметры материалов необходимо найти самостоятельно, когда они требуются.

В лаборатории имеется атомно-силовой микроскоп и набор кантилеверов, которые можно использовать при работе на этом микроскопе. Дано следующее описание имеющихся в наличии кантилеверов:

1. Проводящие бесконтактные кантилеверы NSC14, выполненные из кремния с различными вариантами покрытия (W_2C , Ti-Pt, Cr-Au). На каждой пластинке (чипе) размещено по одному прямоугольному кантилеверу. Резонансная частота таких кантилеверов примерно равна 160 кГц, а жесткость - 5 Н/м.

2. Проводящие контактные кантилеверы CSC17, выполненные из кремния с покрытием из W_2C . На каждой пластинке размещено по одному прямоугольному кантилеверу. Резонансная частота таких кантилеверов примерно равна 12 кГц, а жесткость - 0.15 Н/м.

3. Контактные кантилеверы CSC21 с покрытием из нитрида кремния (Si_3N_4). Задняя сторона кантилевера покрыта Al для лучшего отражения. Каждая пластинка содержит два треугольных кантилевера (по одному кантилеверу с каждой стороны). Резонансная частота таких кантилеверов примерно равна 12 и 105 кГц, а жесткость - 0.12 и 2 Н/м соответственно.

4. Бесконтактные кантилеверы NSC11 с покрытием из нитрида кремния (Si_3N_4). Задняя сторона кантилевера покрыта Al для лучшего отражения. Каждая пластинка содержит два треугольных кантилевера (по одному кантилеверу с каждой стороны). Резонансная частота таких кантилеверов примерно равна 60 и 330 кГц, а жесткость - 3 и 48 Н/м соответственно.

5. Бесконтактные кантилеверы NanoWorld из кремния. Задняя сторона кантилевера покрыта Al для лучшего отражения. Каждая пластинка содержит один прямоугольный кантилевер. Резонансная частота таких кантилеверов примерно равна 320 кГц, а жесткость - 42 Н/м.

1. В файле ответов по этим данным грубо оцените массу и объём каждого из кантилеверов, обосновав свое решение и сделанные упрощения. (5 баллов)

2. Ниже укажите правильный порядок величин оцененных в Вашем решении объемов кантилеверов (в кубических метрах). (3 балла)

- 1) -1...-2
- 2) -7...-8
- 3) -9...-10
- 4) -11...-12
- 5) -13...-14
- 6) -14...-15
- 7) -16...-17
- 8) -18...-19
- 9) -20...-21
- 10) -22...-24

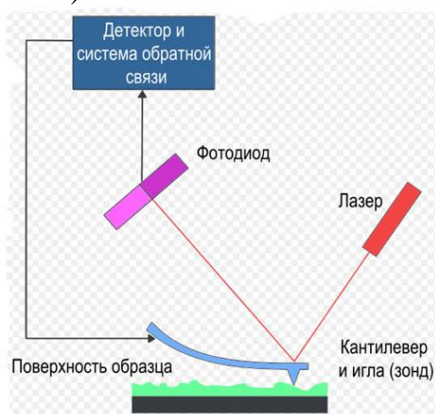


Рис. 1. Схема работы сканирующего атомно-силового микроскопа.

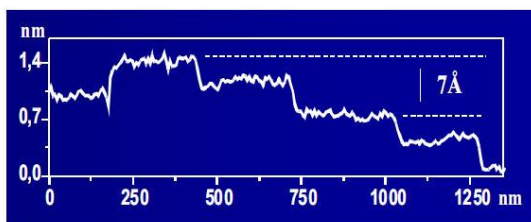


Рис. 2. Результат сканирования рельефа поверхности графита. По горизонтальной оси отложена горизонтальная координата (в нанометрах), а по вертикальной оси — высота, отсчитанная от некоторого произвольно выбранного нулевого уровня. На графике показан также перепад высот, равный 7 ангстремам, или 0,7 нм.

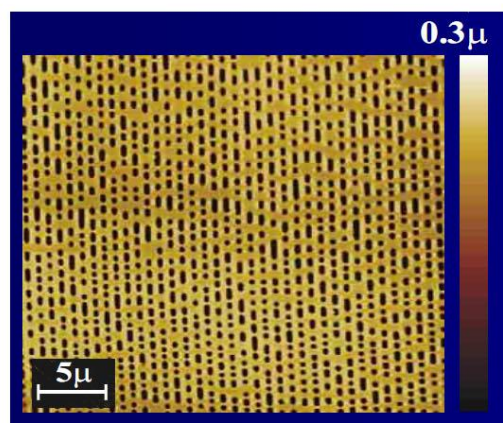
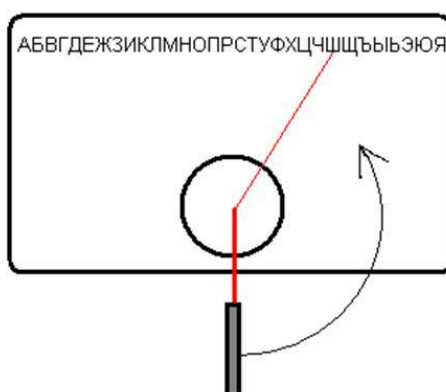


Рис. 3. Результат сканирования рельефа поверхности графита в масштабе микрон (μ). На цветовой шкале показано соответствие цвета изображения участка образца и его высоты над нулевым уровнем (подобно тому, как на географических картах цветом обозначается высота местности над уровнем моря).

Сканирование поверхностей с помощью атомно-силового микроскопа производится по стандартной схеме (см. рис. 1). Отклонение балки кантилевера регистрируется оптическим датчиком. Сигнал с фотодиода регистрируется аналого-цифровым преобразователем с частотой дискретизации $f = 20$ кГц. С помощью этого микроскопа требуется изучить рельеф поверхности образца, состоящего из графита. Сканирование было произведено, и результат сканирования некоторого участка показан на графике (рис. 2). На рис. 3 изображён результат сканирования в более крупном масштабе (в масштабе микрон).

3. В файле ответов опишите, какие из имеющихся кантилеверов подходят для такого сканирования. Для каждого кантилевера оцените максимально возможную скорость сканирования (максимальную скорость смещения кантилевера относительно образца в горизонтальном направлении, при котором можно получить изображения такого разрешения). Оцените также минимальное время, за которое можно просканировать подобный образец размером 50×50 мкм. (5 баллов)
4. Так какие кантилеверы лучше использовать для решения предыдущего вопроса? (3 балла)
 - 1) 1 и 5
 - 2) 1 и 4
 - 3) 1, 2, 3, 4, 5
 - 4) 4 и 5
 - 5) 2 и 3
 - 6) 1, 2, 5
 - 7) 1 и 2

XXIV. Хитрый шпион (физика)



Агенту 113478 было скучно. Его не посылали похищать сверхсекретную информацию, не внедряли в логово мафиозных кланов и противостоящих разведок. Для того, чтобы не терять форму, он решил составить послание связному, причём сделать его традиционно необычным.

Исключительно от скуки он изготовил хрустальный шар, внутри которого заключил очень тонкие полоски золота. Добавив к шару чёрную мантию, колпак, спиритический алфавит, пару чучел ворон и сушёную лягушку, а также забросив сверху красную лазерную указку, он отправил это всё посылкой связному.

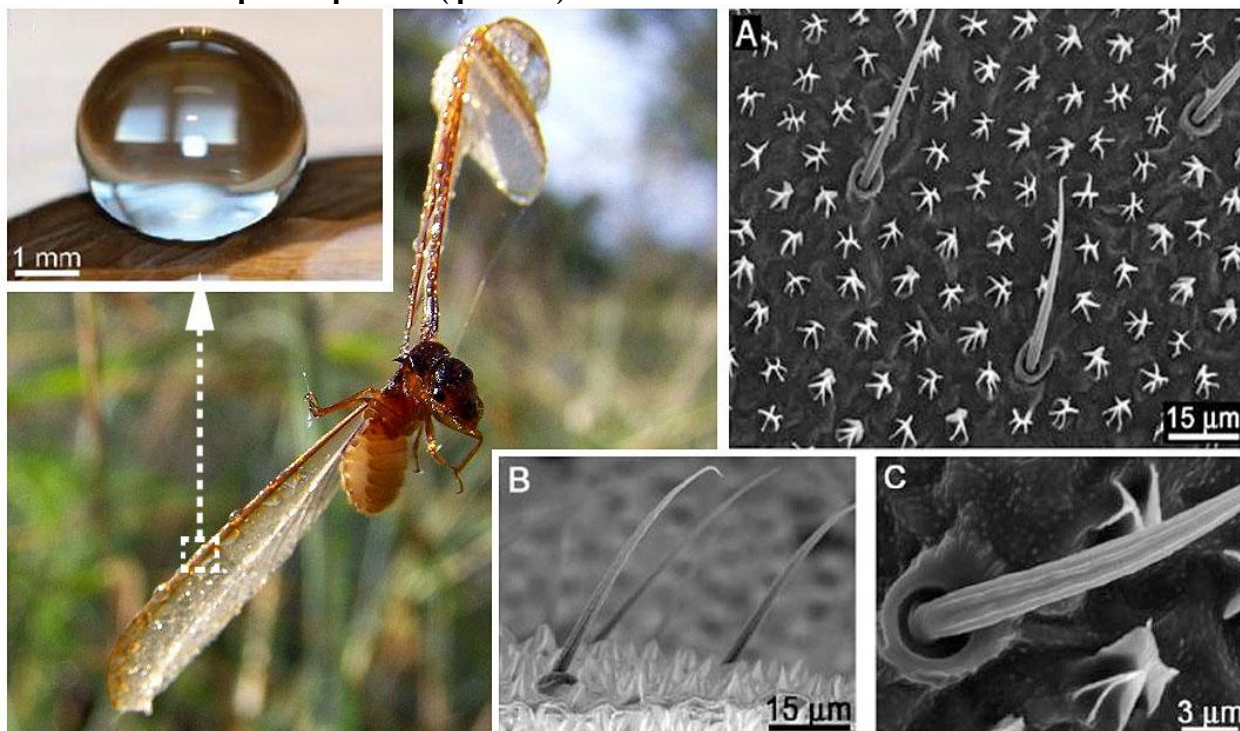
Связному тоже было скучно, и, надо признать, что подобной посылки он ждал с нетерпением. Слегка обалдев после распаковывания ящика, связной надел мантию, колпак, расставил алфавит, ворон и лягушку. В центр он водрузил хрустальный шар и начал думать. Подумав, он сделал рентгеновский снимок шара. На рентгене он обнаружил нечто такое, что, обругав себя последними словами, порвал снимок. Затем связной взял лазерную указку и направил её луч на шар. Помимо обычной игры хрустала, он заметил

отчётливый луч, отразившийся от чего-то внутри шара. Это его заинтересовало, и связной начал поворачивать указку. Вдруг луч исчез, но после изменения положения указки появился снова! Связной заново водрузил шар в центр спиритического алфавита и начал перемещать указку по кругу, как изображено на рисунке.

По мере поворота указки луч послушно перетекал с одной буквы на другую, но на одну из букв он не отражался вообще! Переместив указку на несколько миллиметров выше, связной получил отсутствие отражения на другую букву. Ещё выше из отражения выпала третья. Догадавшись, на каком принципе было основано послание агента, связной довольно быстро его расшифровал.

1. В файле ответов поясните, какие из присланных предметов были необходимы для чтения послания, а какие – нет. (1 балл)
2. Что увидел на рентгеновском снимке связной? (1 балл)
3. Что было бы, если бы связной взял зелёную лазерную указку? (2 балла)
4. В каком случае плотность записи информации выше: при использовании красной или зелёной указок? (1 балл)
5. Можно ли записывать информацию в разных направлениях, меняя угол падения луча не только в горизонтальной, но и вертикальной плоскостях? (2 балла)
6. Предложите способы введения золотых нанопластинок в массив хрусталя. (2 балла)
7. Почему луч лазерной указки при определённом положении не выходил из хрустального шара? Как называется это явление? (3 балла)
 - 1) гигантское комбинационное рассеяние
 - 2) дифракция
 - 3) интерференция
 - 4) полное внутреннее отражение
 - 5) преломление света
 - 6) фотохимическое взаимодействие
 - 7) поверхностный плазмонный резонанс

XXV. Очень хитрые термиты (физика)



Природа многогранна и полна загадок. Мы познали только самые простые её законы, и она готова каждый раз преподнести человечеству новые открытия. Так, давно подмечено, что многие растения и животные часто используют интересный эффект,

который помогает сохранять, например, листья или же крылья «сухими». Они не промокают «насквозь», что позволяет веткам не ломаться под тяжестью листвы, а насекомым и птицам перелетать с места на место в сильный дождь или даже ходить по воде!

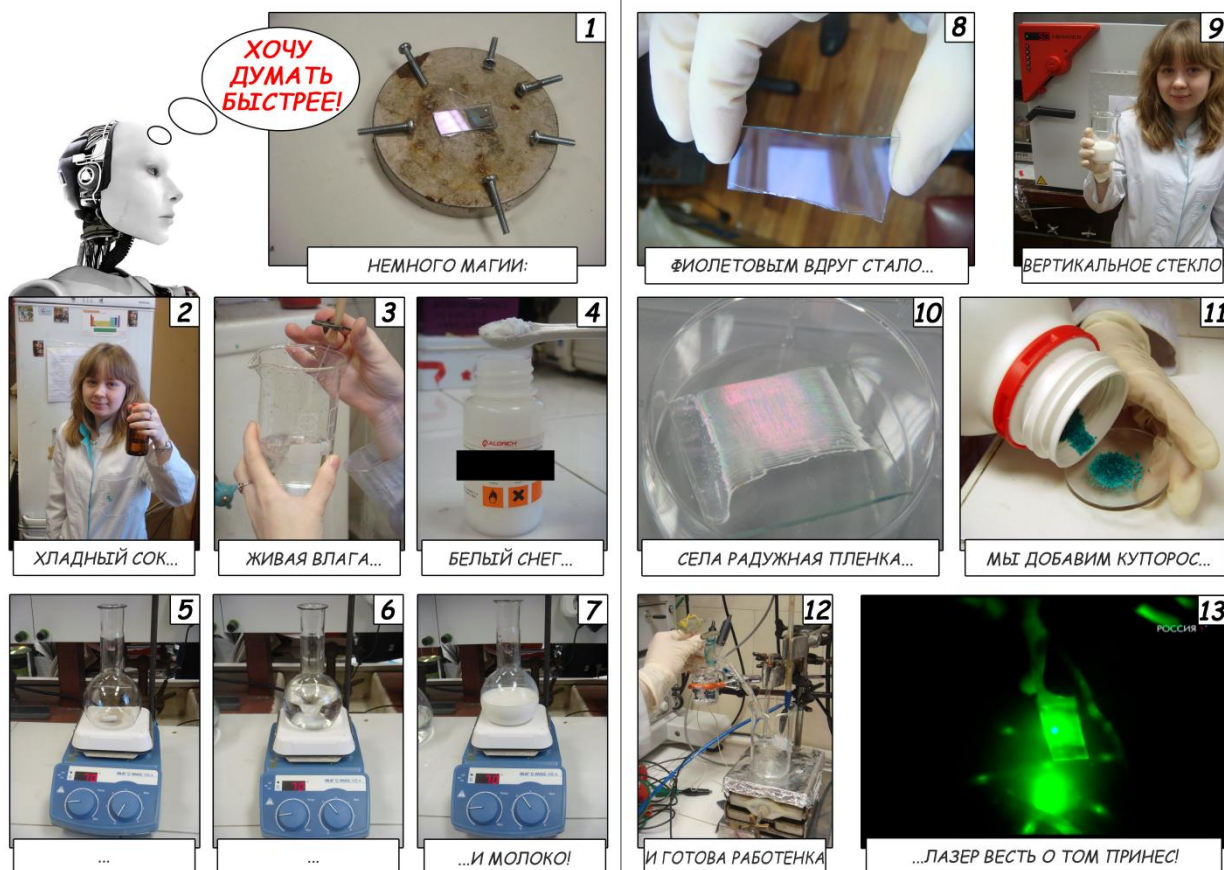
1. В файле ответов укажите, о каком эффекте идёт речь. (1 балл)
2. В каких областях науки и техники данный эффект может найти потенциальное применение? Перечислите не менее пяти различных применений с обоснованием. (до 3 баллов)

Группа учёных, изучая строение крыльев термитов, столкнулась с подобным эффектом, который, как оказалось, имеет более удивительную, сложную и многогранную природу, нежели это считалось ранее. На рис. 1 приведены оптические фотографии крыльев термитов разных видов с каплями воды на их поверхности. На рис. 2 приведены фотографии тех же крыльев при существенно больших увеличениях.

3. Оцените в файле ответов, на какую величину волоски на поверхности крыльев должны прогнуться под тяжестью капли воды на рис. 1, если жёсткость одного волоска, определённая с помощью атомно-силовой микроскопии, равна 0,172 Н/м. Решение приводить на основе предоставленных в этой задаче иллюстраций и данных. (5 баллов)
4. В файле ответов объясните также, как будет влиять нанесение на волоски различных тонких и толстых покрытий на их смачивание водкой. (3 балла)
5. На рис. 2 кроме волосков присутствуют и другие элементы. Предположите, каким образом эти элементы могут влиять на несмачиваемость крыльев термита. Желательно в ответе, помимо описания, привести и схематический рисунок. (3 балла)
6. Ниже укажите правильный вариант ответа по поводу линейного изменения волосков под весом капли (наиболее близкий к полученному Вами по величине) (3 балла).
 - 1) 1 нм
 - 2) 7 нм
 - 3) 20 нм
 - 4) 90 нм
 - 5) 530 нм
 - 6) 3 микрона
 - 7) 7 микрон
 - 8) 9.5 микрон

Теоретический тур для студентов, аспирантов, молодых ученых (2011)

I. Светлое будущее IT – технологий

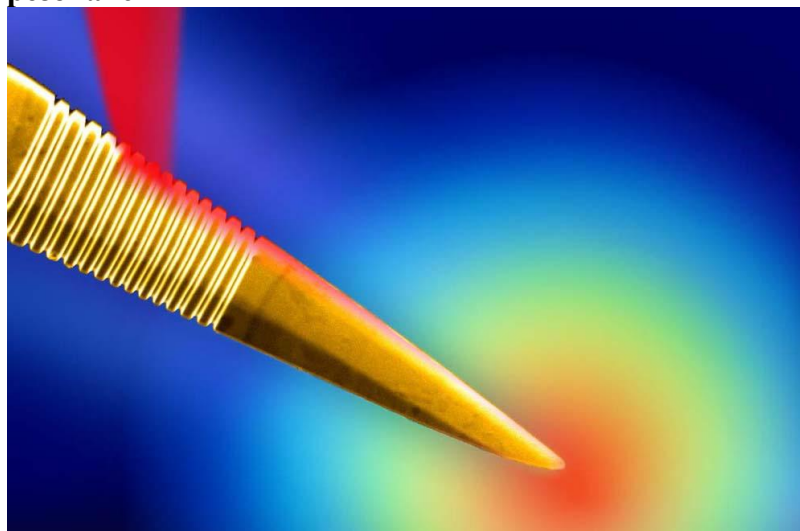


Как говорят, "электрон так же неисчерпаем, как и атом", но вот кремниевая микроэлектроника, как предполагают, медленно ползет к своему закату. Именно поэтому девушка Н. на картинке день за днем разрабатывает новые удивительные материалы, которые могут, в частности, совершить (пока гипотетически) чудеса, особенно в IT - области. На photographs почти полностью представлена "рецептура", которую девушка Н. использует для получения прототипов изделий, типа тех, что показаны на рисунке 1. Рецепт условно названа "магией", потому что она многостадийна, местами капризна, туманна и зависит от "человеческого фактора", а в результате получаются изделия, обладающие целым набором необычных свойств.

1. Перечислите и объясните в файле ответов "чудеса", которые "магия" (материалы, подобные изображенным на рис.1) может сотворить в области IT - технологий (записи, хранении, передаче, обработке, трансформации информации, создании процессорных и прочих важных систем). (до 5 баллов за подробный ответ с пояснениями)
2. Укажите в файле ответов, какие известные физические явления могут быть вовлечены в функциональность темного изделия на рис.1 в отличие от радужного изделия на рис.10. (3 балла)
3. Предложите в файле ответов, из каких фундаментальных принципов почему - то полагается, что белый робот будет "думать быстрее". (3 балла)
4. Расшифруйте в файле ответов "рецептуру", снабдив, где требуется, Ваши пояснения формулами и уравнениями. В частности, предположите, что за жидкость была взята и почему она хранится в холодильнике (рис.2) (1 балл), требует ли специальной подготовки жидкость на рис. 3 (1 балл), что за вещество, напоминающее белый снег, и какова его роль в процессе (рис. 4) (1 балл).
5. Почему в процессе, показанном на рис. 5-7, образуется именно "молоко"? (2 балла)

6. Что собой представляет, зачем взято "фиолетовое стекло" и почему оно, собственно, фиолетовое (рис. 8). (3 балла)
7. Что за устройство изображено, по-Вашему, за спиной у девушки Н. на рис.9 и почему оно способствует получению радужной пленки? (2 балла)
8. Почему пленка радужная (рис. 10)? (1 балл)
9. Что за купорос был взят и зачем (рис.11)? (1 балл)
10. Что за устройство показано на рис. 12, какие у него основные компоненты и зачем девушка Н. держит странную трубку в руках? (3 балла)
11. Можно ли из представленных на рисунке данных определить, в какой ориентации растет "радужная пленка" и примерно из каких по размеру и форме элементов она состоит, если можно, подтвердите это (полу)количественными расчетами в файле ответов? (5 баллов) Поясните там же, как будут влиять дефекты структуры на конечные функциональные характеристики. (3 балла)
12. Предположите в файле ответов, а что полезного (и нового в отношении свойств) можно получить, если вместо процедуры на рис. 11-12 использовать для получения изделия, подобного тому, что показано на рис.1, квантовые точки, суперпарамагнитные наночастицы, наночастицы золота? (3 балла)
13. Какой из методов, перечисленных ниже, не может быть использован для получения обсуждаемого класса материалов? (3 балла)
 - 1) микросферная литография
 - 2) анодное окисление
 - 3) седиментация
 - 4) голографическая литография
 - 5) электрофорез
 - 6) FIB-литография
 - 7) ионная имплантация

II. Гигантский резонанс



Для создания новых высокоэффективных, сверхчувствительных анализаторов единичных биологических молекул с помощью гигантского комбинационного рассеяния необходимо решать задачи нанопозиционирования на специальных микрочипах. Рассмотрите в качестве примера задачу быстрого и контролируемого перемещения наночастицы золота диаметром 10 нм между двумя позициями на микрочипе отстоящими друг от друга на 500 нм (в одну из этих позиций сфокусирован лазерный пучок).

1. В файле ответов предложите наилучшие на Ваш взгляд способы реализации такой системы, используя любые современные технологии производства наноактюаторов. Учтите, что даже высокотехнологичные компании опираются на принцип – чем дешевле, тем лучше. (5 баллов)

2. В файле ответов сравните эффективность (КПД, время отклика, энергопотребление, точность перемещения) различных принципов нанопозиционирования (термо-, пьезо- или электростатического). Свой ответ поясните оценочными расчетами. (5 баллов)
3. В файле ответов опишите принцип усиления комбинационного рассеяния с помощью плазмонного резонанса и обсудите, с помощью каких наночастиц его лучше реализовать - сфер, кубиков, пластинок, наностержней, "ежей", агрегатов различной природы. (5 баллов)
4. В файле ответов оцените оптимальный размер частицы золота для наиболее эффективного возбуждения колебаний хлорофилла, гемоглобина. (3 балла)
5. В файле ответов предложите метод определения окисленной и восстановленной форм гемоглобина с помощью гигантского комбинационного рассеяния. (3 балла)
Для каких медицинских целей можно использовать такой метод анализа? Приведите в файле ответов примеры. (3 балла)
6. Дайте один из наиболее подходящих вариантов объяснений (ниже), почему ГКР с наночастицами золота может быть использовано для анализа биологических структур внутри живых клеток. (3 балла)
 - 1) из-за эндоцитоза наночастиц тяжелых металлов живыми клетками
 - 2) из-за резонансного переноса энергии
 - 3) из-за поляризации электромагнитного излучения наночастицами с плазмонным резонансом
 - 4) из-за экранирования наночастицами лазерного излучения, разрушающего биологические молекулы
 - 5) из-за сорбции биомолекул на поверхности наночастиц ("экстракции", концентрирования за счет связывания)
 - 6) из наличия "окна прозрачности" тканей для красного излучения, возбуждающего наночастицы золота
 - 7) из-за декорирования биомолекул наночастицами золота через аминокислотные группы
 - 8) из-за образования комплексов золота супрамолекулярной природы с природными биомолекулами

III. Монослой

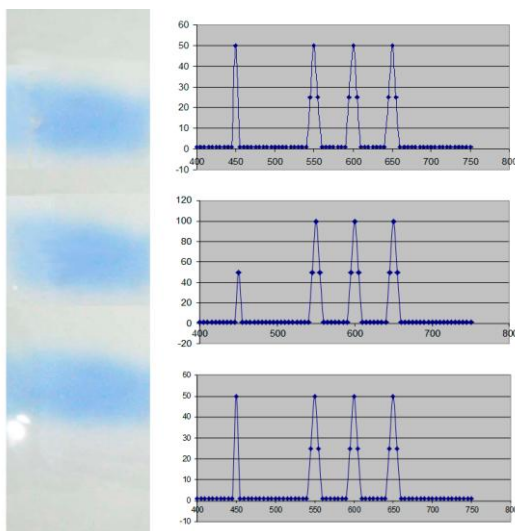


Синтез монодисперсных наночастиц селенида кадмия в обращенных мицеллах по праву считается первой и наиболее удачной демонстрацией возможностей нанохимии. С 1992 года этот синтез повторила большая часть научных групп по всему миру, а на основе монодисперсных частиц, полученных данным способом, созданы самые разнообразные устройства, включая LED, микролазеры, позиционно чувствительные сенсоры, устройства хранения информации, транзисторы и многие-многие другие... Однако большинство реальных применений таких частиц требует формирования планарных массивов для последующей интеграции с существующей технологией. Попробуйте и Вы сформировать подобную систему.

Для синтеза частиц олеиновую кислоту (4 ммоль) и ацетат кадмия (1 ммоль) растворяли в 10 мл дифенилового эфира и выдерживали при 140°C для удаления воды и уксусной кислоты. В полученный раствор при 180°C впрыскивали жидкость, полученную растворением селена (1 ммоль) в 1,54 мл триоктилфосфина. После этого реакционную смесь выдерживали при той же температуре в течение 10 минут, а затем охлаждали до комнатной температуры. При этом цвет растворов изменялся от прозрачного до темно-красного. К полученному раствору наночастиц приливали равное по объему количество ацетона, полученный осадок отделяли и промывали ацетоном. После этого полученные частицы редиспергировали в 10 мл гептана.

1. В файле ответов кратко опишите все протекающие процессы. (3 балла)
2. Объясните, чем обусловлено осаждение полученных наночастиц при добавлении ацетона и последующее их растворение в гептане, для чего используется данный эффект? (2 балла)
3. В файле ответов рассчитайте средний размер и дисперсию наночастиц CdSe, если максимум люминесценции соответствует 530 нм, а полуширина пика люминесценции составляет 10 нм. Стоксовым сдвигом можно пренебречь. (3 балла)
4. Нарисуйте общий вид фазовой диаграммы лэнгмюровской пленки наночастиц в зависимости от относительной площади посадочной площадки. (2 балла)
Рассчитайте количество раствора, необходимое для формирования монослоя наночастиц на поверхности лэнгмюровской ванны площадью 30 см², если выход наночастиц в реакции составил 90%. (1 балл)
5. Предложите (в необходимых деталях опишите) способ формирования монослоя наночастиц с использованием метода Ленгмюра-Блоджетт. (2 балла)
6. Какой реагент следует использовать для гидрофилизации полученных квантовых точек, укажите нужный вариант из приводимых ниже. (3 балла) В файле ответов поясните, почему именно этот реагент выбран. (2 балла)
 - 1) азотная кислота
 - 2) азид натрия
 - 3) хлорид натрия
 - 4) триметиламмония бромид
 - 5) гексанол
 - 6) бензол
 - 7) концентрированный раствор щелочи
 - 8) водный подкисленный раствор перманганата калия
 - 9) бром в метаноле

IV. Наношпион

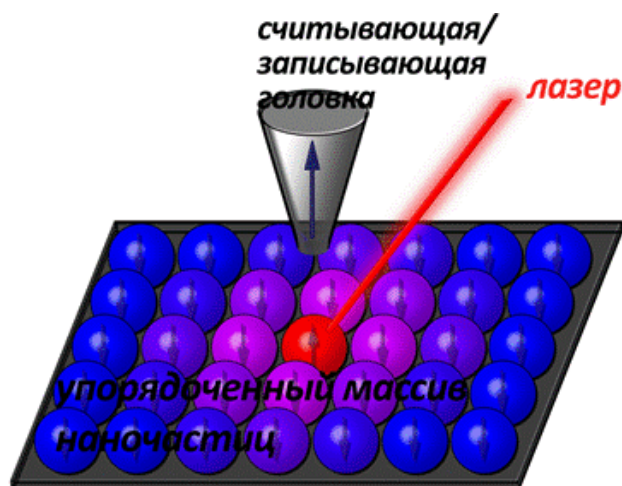


Секретный агент номер 113478, работающий в лаборатории нанотехнологий, заподозрил слежку. Его полностью перестали выпускать из помещения, отобрали телефон и доступ в Интернет, а также подло не позволяли писать письма молоком. Единственное, что ему разрешалось, это передавать образцы на анализ. Агент не растерялся и, тщательно подумав, разработал систему почты. Для этого он взял стирол, добавил к нему 2% дивинилбензола и поставил нагреваться на водяной бане при температуре 70°C. При достижении стабильной температуры он прибавил в три одинаковых раствора 1, 2 и 3 грамма инициатора, соответственно, и перемешивал 5 часов. Полученные коллоиды 113478 очистил диализом против 0,01М раствора гидроксида натрия. Затем он обработал полученные частицы спиртом, отцентрифугировал и обработал смесью хлороформа со спиртом. Через 15 мин прибавил растворы 4 разных квантовых точек в хлороформенно-спиртовой смеси. Перемешав полученные растворы, агент вылил их в избыток спирта и диализовал против этилового спирта. Затем он отделил квантовые точки центрифугированием. После этих манипуляций агент смешал три светящихся раствора и передал на анализ. Связному он секретно шепнул пароль: “форез”. Связной 113479 отобрал каплю смеси и пронёс её в свою лабораторию. Там он провёл её электрофорез в 0,01% геле агарозы и получил рисунок, показанный выше.

Связной обратил внимание, что полосы в ультрафиолете светятся. Ради интереса он решил снять их спектры флуоресценции и получил очень интересные данные (тоже показанные на рисунке). Полученный результат его озадачил, но, проявив смекалку, он понял послание своего коллеги и передал его в центр. В центре эта идея понравилась, и агента оставили работать дальше, приказав впредь передавать сообщения таким же изощрённым способом.

1. В файле ответов опишите процессы, которые протекают в смеси стирола, дивинилбензола, инициатора (какого, например?) и воды при нагревании. (2 балла)
2. Что получается в результате? (1 балл)
3. Почему диализ проводился против раствора гидроксида натрия? (1 балл)
4. Что происходит при обработке смесью хлороформа со спиртом? (1 балл)
5. Можно ли её заменить на чистый хлороформ? (1 балл)
6. Почему на фореze появляются три полосы? (1 балл)
7. Зачем ему потребовалось 4 типа точек? (1 балл)
8. Какое послание передал в центр агент 113478 (3 балла)?
 - 1) меня раскрыли
 - 2) убейте меня!
 - 3) готовлюсь к побегу
 - 4) я работаю под контролем спецслужб
 - 5) спасите наши души
 - 6) иду ко дну
 - 7) у меня есть разведданные
 - 8) полный провал, сеть раскрыта
 - 9) внимание!
 - 10) стоп, машина!
9. Поясните в файле ответов, почему Вы так считаете (1 балл) и предположите, для чего на самом деле может быть полезна такая маркировка. (3 балла)

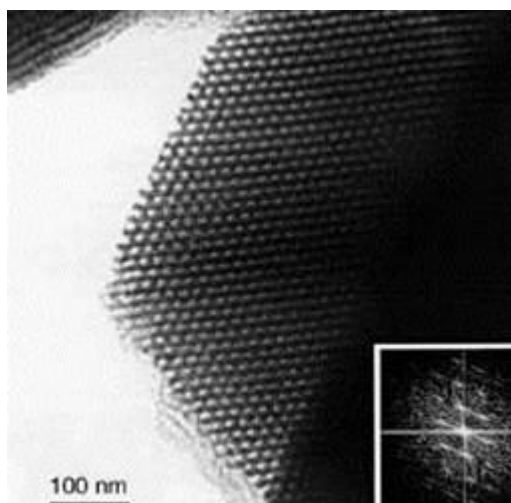
V. Магнитная память



Еще в конце прошлого века компанией Seagate была предложена технология температурно-контролируемой записи информации на так называемых упорядоченных наноструктурированных магнитных средах. Данная технология основана на локальном разогреве отдельно стоящих магнитных частиц с помощью фокусированного лазерного излучения и последующем охлаждении частицы в слабом магнитном поле.

1. В файле ответов опишите, в чем состоит принцип температурно-контролируемой записи информации. (3 балла)
2. Объясните, почему реализация схемы температурно-контролируемой записи предполагает использование магнитных упорядоченных наноструктурированных сред, состоящих из однодоменных частиц. (2 балла)
3. В файле ответов рассчитайте критический размер перехода в однодоменное состояние чистых магнитных 3d металлов (Fe, Co, Ni) в форме стержней и дисков, обладающих фактором анизотропии 5 и 1/5. (5 баллов) Необходимые данные найдите самостоятельно.
4. В файле ответов предложите варианты организации магнитных моментов гексагонально-упорядоченной системы стержней и дисков в размагниченной конфигурации. (3 балла)
5. Объясните, почему использование массивов частиц в форме магнитных дисков менее предпочтительно для применения в качестве сред хранения информации, чем использование магнитных стержней или колец. (2 балла)
6. В файле ответов оцените различия в энергии основного и намагниченного (параллельно оси частиц) состояния гексагонально-упорядоченной системы наностержней железа длиной 100 нм и диаметром 20 нм, отстоящих друг от друга на расстояние 50 нм. Краевыми эффектами можно пренебречь. (5 баллов)
7. Оцените энергию перемагничивания единичного наностержня. (3 балла)
8. Оцените вероятность спонтанного перемагничивания такой частицы. (2 балла)
9. Сегодня прототипы таких устройств, основанные на принципе перпендикулярной записи, показывают рекордные показатели плотности хранения информации, какие это примерно величины (в Тб/дюйм²)? (2 балла)
 - 1) 0.01
 - 2) 0.2
 - 3) 2
 - 4) 100
 - 5) 250
 - 6) 500
 - 7) 750
 - 8) 900

VI. Сита для молекул



Мезопористые алюмосиликаты – класс мезопористых материалов с плотнейшей гексагональной упаковкой пор, обладающих крайне высокой удельной поверхностью и являющихся одними из наиболее перспективных кандидатов на роль кислых носителей катализаторов. Сформировать такую структуру оказалось возможным с помощью темплатного метода, используя мицеллы различных поверхностно-активных веществ в качестве шаблона, на котором происходит сополиконденсация источников кремния и алюминия с образованием гелевой сетки. Удаление темплата из сформированного каркаса приводит к образованию упорядоченных полостей такого же размера и формы, как органическая мицелла.

1. В файле ответов предложите способы синтеза таких материалов. (2 балла)
2. Какой тип катализа следует использовать при синтезе, укажите вариант ниже. (2 балла)
 - 1) окислительно - восстановительный
 - 2) кислотный или основной
 - 3) Циглера - Натта
 - 4) с использованием производных циклопентадиенила
 - 5) электрокатализ
 - 6) ферментативный катализ
 - 7) мицеллярный катализ
3. Поясните в файле ответов Ваши предложения и приведите уравнения реакций гидролиза и поликонденсации. (2 балла)

Образец	$2\theta(100)^\circ$	$w\%$	$V_{ads} \text{ при } P/P_0=0.3, \text{ см}^3/\text{г}$
MCM-41	2,06	54,2	4,77
Si ₁₄ Al	2,15	50,1	4,72
Si ₁₁ Al	2,17	48,3	4,76
Si ₆ Al	2,21	43,5	4,74
Si ₃ Al	2,63	25,1	4,62
Si ₂ Al	2,74	18,8	4,57

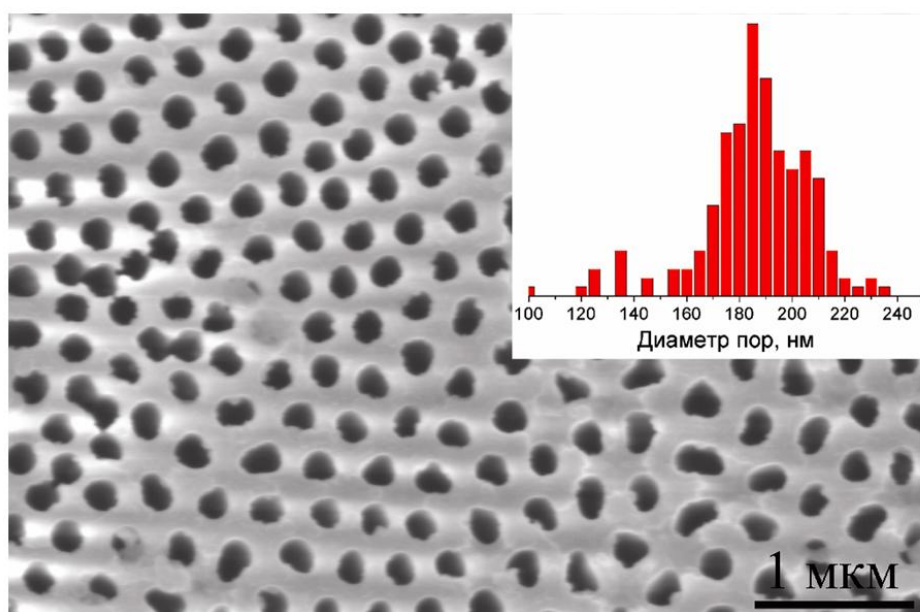
$\rho(\text{Si}_n\text{Al}) = 2.2 \cdot \text{г} \cdot \text{см}^{-3}$, $\rho(\text{ПАВ}) = 1 \cdot \text{г} \cdot \text{см}^{-3}$. Одна молекула N_2 занимает площадь $A(\text{N}_2) = 0.16 \cdot \text{нм}^2$.

4. По данным малоуглового рассеяния рентгеновского излучения и данным дифференциально-термического анализа рассчитайте среднее расстояние между порами и радиус пор мезопористых алюмосиликатов с различным содержанием алюминия. (3 балла) Углы отражения для первых дифракционных максимумов (длина волны 0.154 нм), а также относительная потеря массы (w , %) после удаления ПАВ приведены в таблице.
5. Рассчитайте удельные площади поверхности образцов и радиус пор по данным капиллярной адсорбции азота и дифференциально-термического анализа. (3 балла)

Попытайтесь объяснить полученные зависимости радиусов пор и толщины стенок от содержания алюминия. (2 балла)

6. Установите зависимость удельной поверхности мезопористых систем от радиуса пор (считать, что стенки пор имеют одинаковую толщину, толщина стенки = 0,7 нм). (3 балла)
7. Какого типа для данного мезопористого алюмосиликата был выбран мицеллярный темплат? (2 балла)
 - 1) смектик
 - 2) нематик
 - 3) холестерик
 - 4) смесь нематика и холестерика
 - 5) смесь смектика и нематика
 - 6) термотропные жидкие кристаллы
 - 7) глобулы
 - 8) разупорядоченные мицеллы

VII. Нанофильтры



Микроструктура мембраны анодного оксида алюминия (на вставке к рисунку показано распределение пор по размерам).

Анодный оксид алюминия (АОА) синтезируют методом электрохимического окисления металла в кислой среде при $\text{pH} < 5$ (растворы H_2SO_4 , H_3PO_4 , $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) и напряжении от 5 до 250В. В результате образуются пленки различной толщины и диаметром пор от 2 до 200 нм, обладающие пористой структурой с узким распределением пор по размерам (см. рисунок). Такие мембраны обладают прямыми цилиндрическими порами и являются неорганическим аналогом трековых мембран. Мембраны анодного оксида алюминия могут использоваться для гемодиализа, ультра- и микрофильтрации.

Экспериментальные значения проницаемости различных чистых растворителей при температуре 25°C составляют (проницаемость мембраны, л/(м²·атм·час)): ацетон - 179, метанол - 117, вода - 73, этанол - 57, пропанол-1 - 27, н-бутанол-1 - 20.

1. Исходя из этих данных, выбрав правильный ответ из предлагаемых ниже, укажите, по какому механизму (модели) происходит диффузия жидкостей через мембрану анодного оксида алюминия (недостающие данные найдите сами). (2 балла)
 - 1) по модели Фика
 - 2) по Пуазейлю

- 3) по Кнудсену
 - 4) обратный осмос
 - 5) по модели Кимуры и Сурираяна
 - 6) по закону Дарена
 - 7) по уравнению Козени — Кармана
 - 8) по закону Бернулли
2. В файле ответов обоснуйте Ваш выбор. (2 балла)
 3. В файле ответов проведите расчет потока чистых растворителей через мембрану анодного оксида алюминия со средним диаметром пор 180 нм, пористостью 25% и толщиной 100 мкм, давление до мембраны 5 атм, давление после мембраны 1 атм. (3 балла)
 4. В процессе тупиковой фильтрации (когда поток растворителя с частицами направлен перпендикулярно поверхности мембраны) мы сталкиваемся с проблемой загрязнения поверхности мембраны частицами, содержащимися в растворе. Загрязнение поверхности мембраны частицами из раствора приводит к значительному уменьшению проницаемости мембраны. В файле ответов предложите методы для удаления загрязнений с поверхности мембраны, а также направления возможного практического использования таких мембран. (5 баллов)

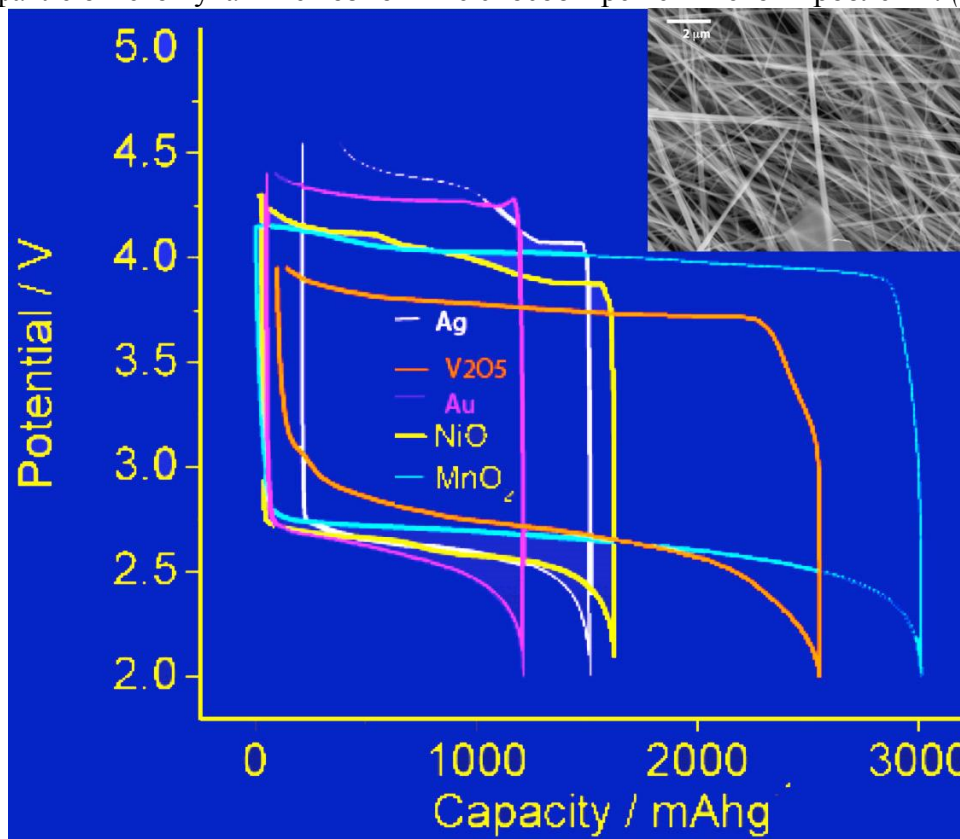
VIII. Медленное горение



Литий скоро может стать (ну, пока не буквально) ценнее золота, настолько он полезен из-за использования в современных химических источниках тока. Кроме обычных вторичных источников тока типа "кресла-качалки", в которых литий переходит из одного электрода в другой в циклах разрядки - зарядки, его можно также ... медленно сжечь, причем обратимо, то есть создать топливный элемент на основе лития. Принципиальная схема такого элемента показана выше.

1. Предложите в файле ответов возможные материалы и способы их получения для основных элементов показанной выше схемы литий - воздушного элемента питания, а также опишите происходящие при зарядке и разрядке ЛВЭП процессы в различных частях системы. (10 баллов)
2. Какой из ниже перечисленных факторов в наибольшей степени может оказаться губителен для литий - воздушного элемента с незащищенным анодом? (3 балла)
 - 1) солнечный свет
 - 2) космические лучи
 - 3) воздух

- 4) охлаждение до отрицательных температур
 - 5) нагрев до температур 30 - 40 градусов Цельсия
 - 6) самодиспергирование лития
 - 7) большой саморазряд
3. В файле ответов укажите возможные способы решения этой проблемы. (2 балла)



На данном рисунке показаны циклы зарядки - разрядки при использовании различных веществ в составе пористого катода, включая некоторые металлы, оксиды марганца и ванадия.

4. В файле ответов укажите, какую роль играют эти вещества (2 балла) и каковы могут быть преимущества и недостатки у квазиодномерных систем (нанолент, нановискеров) при использовании в составе катода. (2 балла)
5. Какие еще компоненты должен содержать катод, чтобы эффективно функционировать в составе ЛВЭП, (1 балл) опишите в файле ответов, как может сказываться морфология (дизайн) пористого катода на работе ЛВЭП? (2 балла)
6. Зачем катод делают пористым? (2 балла)
 - 1) для обеспечения теплоотвода
 - 2) для обеспечения доступа кислорода
 - 3) для стравливания избыточного давления электролита
 - 4) для накопления электростатического заряда
 - 5) для демпфирования микронапряжений при работе ЛВЭП
 - 6) для капиллярной конденсации верхнего слоя электролита



Одна из проблем – утилизация отработавших свое ЛВЭП, содержащих, помимо лития, еще и другие компоненты, которые обсуждались выше. Например, ванадий достаточно токсичен для человеческого организма, однако есть создания природы, которые его безболезненно накапливают.

7. Что лучше посадить на месте захоронения токсичных отходов ванадия, оставшихся после ЛВЭП? (3 балла)
- 1) северный мох
 - 2) лотос
 - 3) мухоморы и бледные поганки
 - 4) анютины глазки
 - 5) незабудки
 - 6) рожь
 - 7) пшеница
 - 8) красные гвоздики
8. В файле ответов укажите, в какой форме существует ванадий в том, что Вы посадили. (2 балла)

IX. Крахмал



Одним из распространенных методов получения наночастиц является диспергирование макроскопического материала или синтез в условиях контроля размера частиц. В некоторых случаях может применяться специфический подход, основанный на

селективном разрушении материала, состоящего из микрофаз различной природы. Интересным примером служит нанокристаллический крахмал, исключительно прочные, жесткие частицы которого могут быть получены из дешевого природного сырья.

1. Крахмал состоит из двух основных полимерных компонентов. Приведите в файле ответов их химические структуры и названия. (3 балла)

Зерна крахмала – частично кристаллический материал, обработка которого растворами сильных кислот приводит к постепенному разрушению аморфной фазы и образованию нанокристаллов составляющих крахмал полимеров.

2. Кратко объясните в файле ответов, почему аморфные области крахмала разрушаются быстрее, чем кристаллические. Приведите схему протекающего при кислотной обработке процесса. (2 балла)

Составляющие крахмал полимеры содержат гидроксильные группы, способные к дальнейшей химической модификации, что позволяет придать материалу дополнительные полезные свойства.

3. Приняв, что длина нанокристалла крахмала равна 60 нм, ширина 20 нм и толщина 5 нм, оцените в файле ответов долю реакционноспособных гидроксильных групп и их количество в 1 г сухого кристаллического крахмала. Укажите, на основании каких предположений о структуре кристалла вы сделали свой расчет. (5 баллов)

Взаимодействие с подходящими низкомолекулярными соединениями позволяет значительно изменить гидрофильность поверхности кристаллов крахмала.

4. В файле ответов предложите способ гидрофобизации поверхности кристаллов крахмала для повышения их диспергируемости в неполярных органических растворителях. Обоснуйте свой выбор, приведя схему выбранной химической реакции(ий) и условия ее проведения. (3 балла)

Большинство методов модификации низкомолекулярными соединениями приводит к частичному разрушению нанокристаллов. Более мягкий способ заключается в иницируемой с поверхности кристалла полимеризации, например, эпсилон - капролактона.

5. Рассчитайте в файле ответов предельную плотность (моль/м²) покрытия нанокристалла крахмала цепями поли- эпсилон-капролактона при полимеризации на поверхности. (3 балла)

Введение нанокристаллического крахмала в матрицу конструкционных полимеров существенно повышает прочность получаемого материала. Важно, что для проявления этого эффекта кристаллы крахмала должны формировать непрерывную сетку, позволяющую эффективно распределять приложенное напряжение по всему объему образца. Этого можно добиться двумя способами:

А) Введение сравнительно больших (до 5-10%) количеств крахмала в готовый полимер. При этом сетка формируется за счет водородных связей между полярными группами контактирующих нанокристаллов.

Б) Введение меньших (менее 1%) количеств крахмала в полимер, сопровождающееся прививкой полимера на поверхность кристаллов крахмала. При этом нанокристаллы играют роль многофункциональных узлов сшивки полимера, аналогично формированию трехмерной сетки в процессе вулканизации каучука.

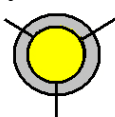
6. В файле ответов сопоставьте механические свойства материалов, полученных по схемам А и Б. На примере включения нанокристаллического крахмала в поли-эпсилон-капролактон предложите возможную схему получения наполненных материалов, исходя из нанокристаллического крахмала и мономера эпсилон-капролактона, и сравните себестоимость получения композитного материала по этим схемам. Какому из способов вы бы отдали предпочтение? (5 баллов)

7. К какому из продуктов, указанных ниже, приведет деполимеризация крахмала при кислотной обработке? (1 балл)

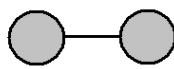
- 1) декстрины

- 2) триглицериды
- 3) целлюлоза
- 4) гликоген
- 5) фураноза
- 6) хитин
- 7) ксилоза
- 8) гиалуроновая кислота
- 9) агароза
- 10) дезоксирибоза

Х. Наноконструкции



Шарик



Гантеля



Боло



Золотые гири



Лампочка

Одним из развлечений нанотехнологии является сборка нанообъектов заданной формы: машинок, человечков, кубиков. Пока что это кажется несерьёзным, но возможности у этой концепции немалые. Вам необходимо собрать наноструктуры строго определённой формы, состава и свойств.

Шарик - золотая наночастица (жёлтая) с органическим покрытием (серое) и 3 (либо 4) выступающими “хвостами”.

Гантеля - две органических наночастицы (например, дендримеры), связанные жёстким линкером.

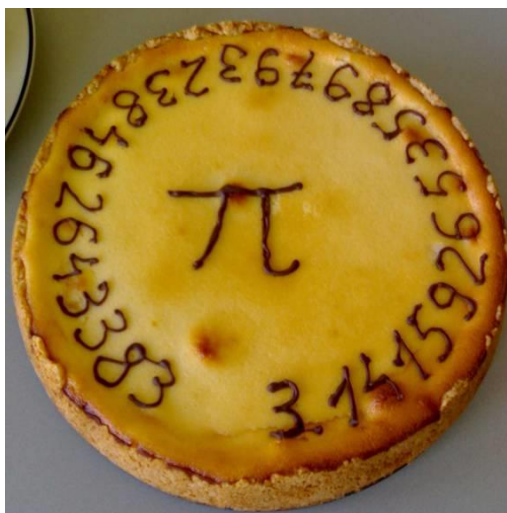
Боло - две органических наночастицы, связанные гибким линкером.

Золотые гири - две золотых наночастицы, связанные жёстким линкером.

Лампочка - золотая наночастица и квантовая точка, связанные жёстким линкером.

1. В файле ответов предложите реакции, необходимые для получения каждой из наночастиц. (3 балла)
2. Что такое жёсткий и гибкий линкеры? В файле ответов приведите примеры каждого и опишите, для каких случаев и почему они подходят. (5 баллов)
3. В файле ответов укажите, как будут изменяться свойства золотой гири и лампочки в зависимости от длины линкера и почему? (5 баллов)
4. Где уже сейчас может быть, скорее всего, использована "лампочка" на практике, дайте один из вариантов ниже? (2 балла)
5. В файле ответов поясните Ваш выбор. (3 балла)
 - 1) в антифрикционных жидкостях
 - 2) в светоизлучающих фотодиодах
 - 3) в креме от загара
 - 4) в биологически активных добавках
 - 5) в нанобиосенсорике
 - 6) в термоэлектрических устройствах
 - 7) в фотоотверждаемых зубных пломбах
 - 8) в качестве люминесцентного покрытия энергосберегающих ламп

XI. Число «пи» с большой точностью



Знаменитое число $3,14159265358979323846\dots$, которое, по определению, равно отношению длины окружности к её диаметру, можно вычислить со сколь угодно большой точностью. Несмотря на то, что оно является иррациональным и, более того, трансцендентным, существуют алгоритмы, позволяющие выписать сколько угодно знаков после запятой. Однако оказывается, что при практических расчётах или измерениях такая точность обычно не нужна. Погрешность при измерениях или изготовлении круглых деталей (а какая-то погрешность, как известно, существует всегда) приводит к тому, что большое число знаков после запятой не помогает. Точность всё равно ограничена физическими факторами. В случае, когда речь идёт об объектах нанометровых размеров, большая точность числа "пи" не требуется ещё и по той причине, что эти объекты состоят из дискретных единиц – атомов, и говорить об окружности на этом масштабе можно в большинстве случаев лишь приближённо.

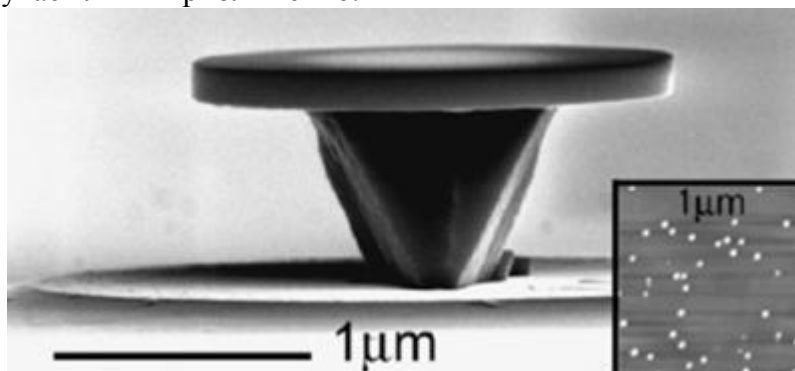


Рис. 1. Колонна микродискового лазера. На вставке – квантовые точки из арсенида индия на поверхности арсенида галлия.

1. Оцените в файле ответов, с какой точностью (с каким числом знаков после запятой) нужно взять число "пи" при расчётах длины окружности по радиусу (или наоборот) при изготовлении а.) диска из арсенида галлия для микродискового лазера (рис. 1) радиусом $R = 1,8 \text{ мкм}$; б.) квантовой точки из арсенида индия, имеющей форму цилиндра радиусом $r = 20 \text{ нм}$; в.) одностенной углеродной нанотрубки диаметром $d = 1,4 \text{ нм}$ (5 баллов), укажите этот ответ ниже (1 балл)
 - 1) (а) 1, (б) 2, (в) 4
 - 2) (а) 2, (б) 4, (в) 1
 - 3) (а) 4, (б) 2, (в) 1
 - 4) (а) 4, (б) 3, (в) 4
 - 5) (а) 2, (б) 2, (в) 3
 - 6) (а) 3, (б) 4, (в) 6
 - 7) (а) 5, (б) 7, (в) 3
 - 8) (а) 3, (б) 7, (в) 6

- 9) (а) 1, (б) 2, (в) 5
 10) (а) 3, (б) 3, (в) 8
2. Какая из приведенных ниже физических констант в системе СИ сейчас определена с наименьшей относительной точностью? (2 балла)
- 1) масса протона
 - 2) боровский радиус
 - 3) постоянная Планка
 - 4) элементарный заряд
 - 5) постоянная Больцмана
 - 6) газовая постоянная
 - 7) число Авогадро
 - 8) g -фактор свободного электрона
 - 9) ядерный магнетон

ХII. Увидеть кванты

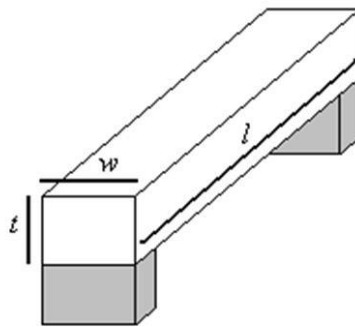


Рис. 1. Типичный наноосциллятор.

Разработка и постоянное усовершенствование способов создания и исследования наноэлектромеханических систем (НЭМС) открывает новые возможности для исследования квантовых явлений в системах нанометровых размеров. Внимание исследователей всё больше привлекает изучение колебаний наноосцилляторов, простейшим примером которых является осциллятор типа стержня с закреплёнными концами (см. рис. 1). Интересно исследовать вопрос о том, можно ли рассматривать эти колебания как колебания квантового осциллятора (или они имеют чисто классический характер). Одним из главных отличий квантового осциллятора от классического является наличие нулевых колебаний. В связи с этим исследуется вопрос о том, можно ли экспериментально зафиксировать нулевые колебания наноосциллятора. Одной из главных трудностей на этом пути является то, что при исследовании нулевых колебаний в таком осцилляторе необходимо измерять очень малые смещения осциллятора от равновесного положения. Известно несколько способов измерения таких смещений, одному из которых и посвящена данная задача.

Пусть l , w и t – длина, ширина и высота осциллятора, соответственно. Колебания происходят в вертикальной плоскости (параллельно высоте t). Для наблюдения нулевых колебаний требуется выполнение двух условий:

1. Необходимо охладить систему до достаточно низкой температуры (чтобы не происходило тепловое возбуждение более высоких мод колебаний).
2. Необходимо иметь осциллятор с высокой добротностью.

Эти два условия трудно выполнить одновременно. Чтобы можно было пренебречь тепловыми возбуждениями высших мод колебаний, нужно сделать основную частоту осциллятора как можно больше. Чтобы увеличить частоту осциллятора, нужно уменьшить его длину. Но при уменьшении длины осциллятора уменьшается его добротность. Рассмотрим осциллятор, сделанный из кремния, имеющий размеры $l = 15$ мкм, $w = 500$ нм и $t = 100$ нм.

1. Оцените частоту основной моды колебаний осциллятора в рамках классической механики, дав пояснения в файле ответов (2 балла) и указав правильный ответ ниже. (1 балл) Натяжение осциллятора в положении равновесия равно нулю.
 - 1) 3 МГц
 - 2) 4.1 ГГц
 - 3) 5.6 ТГц
 - 4) 56 ТГц
 - 5) 0.56 ТГц
 - 6) 70 ГГц
 - 7) 75 ГГц
 - 8) 32.5 ГГц
 - 9) 103 МГц
2. Объясните в файле ответов, каков механизм потерь энергии в осцилляторе такого типа и почему его добротность уменьшается при уменьшении линейных размеров (1 балл).

Одним из путей совмещения двух указанных выше условий является следующий: если придать осциллятору механическое напряжение (натяжение), то частота колебаний увеличится. При достаточно большом натяжении возникает новый режим колебаний: осциллятор колеблется как натянутая струна. Пусть осциллятор, рассмотренный выше, натянут так, что его относительное удлинение равно 0.0043.

3. В файле ответов оцените частоту основной моды колебаний этого осциллятора, температуру, до которой нужно охладить систему для изучения нулевых колебаний, а также характерную величину смещения центра осциллятора от положения равновесия. Считайте, что осциллятор можно рассматривать как квантовый, и характерное смещение равно среднеквадратичному отклонению координаты квантового одномерного гармонического осциллятора от среднего значения в нулевом состоянии. (4 балла)

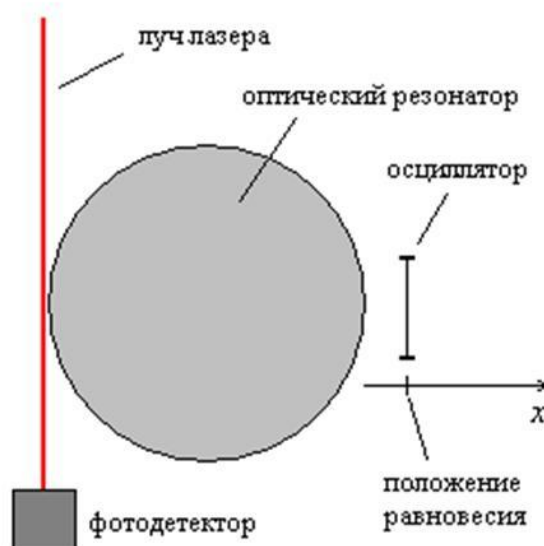


Рис. 2. Схема измерения малых смещений осциллятора

Для измерения малых смещений осциллятора от положения равновесия предлагается следующая схема. Имеется цилиндрический (дисковый) или тороидальный оптический резонатор с внешним радиусом, приближённо равным $R = 30$ мкм, сделанный из кремния (рис. 2). К резонатору подводят луч лазера с длиной волны 1550 нм (полоса прозрачности кремния). В резонаторе могут возникнуть стоячие волны, соответствующие модам «шепчущей галереи», если частота какой-либо моды близка к частоте излучения лазера. Поднесём к резонатору какое-нибудь тело (например, наноосциллятор, см. рис. 2). Тело будет взаимодействовать с ближним полем моды «шепчущей галереи» в резонаторе. В

результате частота этой моды немного изменится (сдвинется на некоторую величину $\Delta\omega$). Величина сдвига $\Delta\omega$ зависит от положения тела (в данном случае – осциллятора). Если положение равновесия осциллятора фиксировано (концы стержня закреплены), то сдвиг зависит от смещения Δx центра стержня от положения равновесия: $\Delta\omega = f(\Delta x)$, где f – некоторая функция. Колебания происходят вдоль оси x . Таким образом, мы имеем преобразователь механических смещений в смещения частоты моды «шепчущей галереи». Величину $\Delta\omega$ можно измерить с большой точностью следующим образом. Частота излучения лазера не совпадает ни с одной из мод «шепчущей галереи» уединённого оптического резонатора (когда наноосциллятора рядом нет): есть небольшая «отстройка» между частотами лазера и одной из мод резонатора. Если к резонатору поднести осциллятор, частота моды изменится и может приблизиться к частоте лазера. При этом начнётся перекачка энергии из луча лазера в резонатор и дальнейшее рассеяние энергии в системе, и интенсивность луча, идущего к фотодетектору, уменьшится. Реальная схема измерения $\Delta\omega$ достаточно сложна, и здесь мы изложили лишь основную идею. Ограничение на точность измерения $\Delta\omega$ накладывает ширина D спектральной линии излучения лазера.

Пусть в эксперименте резкость (финес) оптической системы равна $F = 2,3 \cdot 10^5$. Эта величина равна отношению разности частот двух соседних мод резонатора к ширине линии D : $F = (\omega(k+1) - \omega(k))/D$.

4. В файле ответов ркссмотрите, как изменяются частоты мод оптического резонатора из кремния при поднесении к нему другого тела из кремния: увеличиваются или уменьшаются, и почему? Какой вид имеет зависимость $\Delta\omega = f(\Delta x)$? Найдите приближённый вид этой функции, с точностью до безразмерного коэффициента порядка единицы. Считайте, что размеры осциллятора много меньше радиуса резонатора, и осциллятор смещается вдоль оси x как единое целое (форму изгиба не учитывать). (4 балла)
5. Оцените в файле ответов минимальную величину смещения Δx , которую можно измерить описанным методом (т.е. оцените разрешающую способность этого устройства для измерения смещения) (3 балла), укажите ниже правильный вариант ответа. (2 балла)
6. Укажите в файле ответов, как вы считаете, корректно ли рассматривать описанный выше осциллятор как квантовый гармонический осциллятор и насколько правомерно говорить о нулевых колебаниях этого осциллятора? Обоснуйте вашу точку зрения. (3 балла)
 - 1) $3 \cdot 10$ в минус 6 степени (метра)
 - 2) $2.6 \cdot 10$ в минус 7 степени (метра)
 - 3) $3 \cdot 10$ в минус 8 степени (метра)
 - 4) $6.8 \cdot 10$ в минус 8 степени (метра)
 - 5) $7.3 \cdot 10$ в минус 9 степени (метра)
 - 6) $7 \cdot 10$ в минус 10 степени (метра)
 - 7) $8.4 \cdot 10$ в минус 11 степени (метра)
 - 8) $4 \cdot 10$ в минус 12 степени (метра)
 - 9) $1.5 \cdot 10$ в минус 14 степени (метра)

XIII. Один электрон может многое

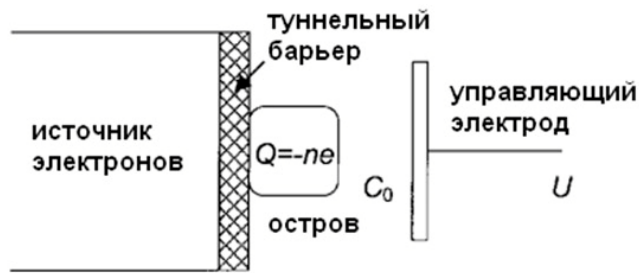


Рис. 1. Электронный ящик. Принципиальная схема.

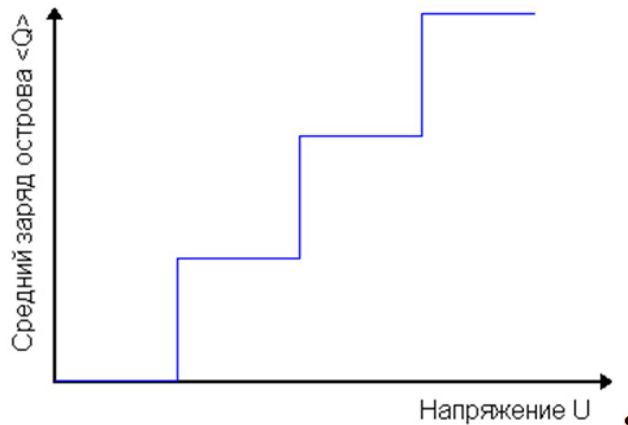


Рис. 2. Качественный вид зависимости среднего (по квантовому состоянию) заряда острова от напряжения на управляющем электроде при низких температурах ($T \rightarrow 0$). Заряд измеряется в единицах, равных заряду электрона.

Создание и изучение одноэлектронных устройств является одним из перспективных направлений развития современной микро- и нанoeлектроники, поскольку они имеют низкую потребляемую мощность, низкое рабочее напряжение, малые размеры и при этом достаточно высокое быстродействие. Такие устройства имеют одну или несколько малых проводящих областей с малой ёмкостью, называемых островами. Классическим примером одноэлектронного устройства служит одноэлектронный транзистор (одноэлектронным транзисторам посвящена отдельная задача). К другим одноэлектронным устройствам относятся: одноэлектронный ящик, одноэлектронная ловушка, одноэлектронный турникет и насос. А одним из главных достоинств одноэлектронных устройств является возможность создания основанных на них ячеек памяти.

На рис. 1 показана схема простейшего одноэлектронного устройства – электронного ящика. Изменяя потенциал U управляющего электрода относительно острова, можно менять заряд острова Q , который приближённо равен заряду электрона, умноженному на количество избыточных электронов, перешедших на остров под действием электростатического поля. Пусть C_0 – ёмкость между управляющим электродом и островом, C – полная ёмкость острова, T – температура системы. При достаточно низких температурах T зависимость заряда острова от потенциала U имеет вид, показанный на рис. 2.

1. В файле ответов объясните, почему зависимость заряда острова от напряжения на управляющем электроде имеет такой вид (рис. 2). Чему равны значения напряжения и заряда в характерных точках на графике (напряжение в начале каждой новой «ступеньки» и заряд на «ступеньке»? Сформулируйте условие «малости» температуры T . Каким будет вид той же зависимости при более высоких температурах? (3 балла)
2. Пусть $C_0 = 0,2$ фФ (фемтофарад), $C = 1$ фФ, $T = 75$ К. При каких напряжениях U на острове будут находиться в среднем $n = 3$ избыточных электрона, укажите это

значение внизу (2 балла), а в файле ответов дайте расчет (1 балл)? Укажите в файле ответов, можно ли считать температуру 75K «малой»? (2 балла)

- 1) 1.1 пВ
- 2) 15.1 пВ
- 3) 29.7 пВ
- 4) 13.1 нВ
- 5) 26.2 нВ
- 6) 37.1 нВ
- 7) 0.13 мВ
- 8) 2.4 мВ
- 9) 30 мВ
- 10) 113 мкВ

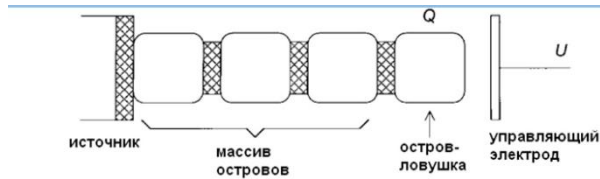


Рис. 3. Электронная ловушка. Принципиальная схема.

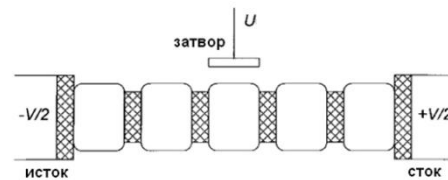


Рис. 4. Принципиальная схема электронного турникета.

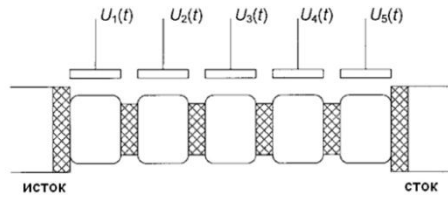


Рис. 5. Принципиальная схема электронного насоса.

Увеличивая число островов, можно создать одноэлектронные устройства, дающие новые возможности. На рис. 3 показана принципиальная схема одноэлектронной ловушки. Главное свойство данного прибора – это так называемая внутренняя зарядовая память. Одноэлектронная ловушка в пределах некоторого диапазона напряжения управляющего электрода может быть в одном, двух или более устойчивых зарядовых состояниях, то есть содержать один, два или несколько электронов на острове, ближайшем к управляющему электроду.

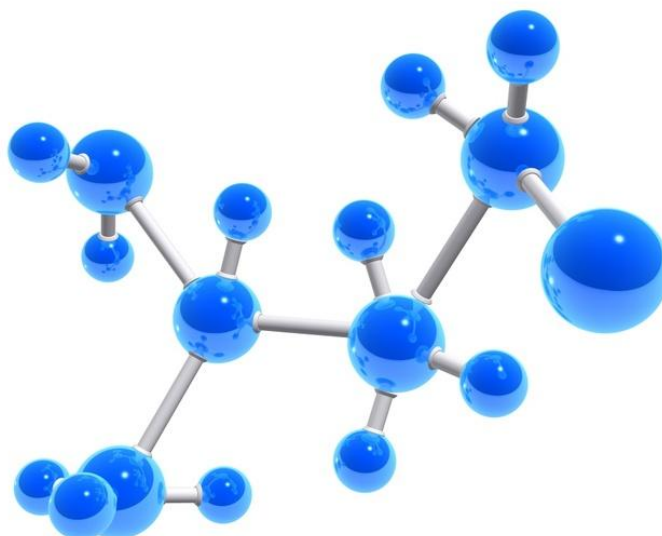
3. В файле ответов объясните, за счёт чего электронная ловушка, в отличие от "электронного ящика", может находиться в устойчивых зарядовых состояниях. Сформулируйте условие, при котором зависимость количества избыточных электронов на острове-ловушке от напряжения на управляющем электроде имеет гистерезисный вид. (4 балла)
4. В файле ответов опишите возможные способы записи и считывания информации, хранимой в «электронной ловушке». (3 балла)
5. Поясните в файле ответов, как оценить стабильность работы электронной ловушки в качестве ячейки памяти? Чем определяется характерное время жизни зарядового состояния с n избыточными электронами? (2 балла)

На рис. 4 и 5 изображены ещё два одноэлектронных устройства: электронный турникет и электронный насос. Электронный турникет позволяет пропускать по одному электрону от истока к стоку. Для этого нужно периодически менять напряжение U на затворе (управляющем электроде). Электронный насос – это «продвинутая версия» электронного

турникета. Такое устройство позволяет более эффективно перекачивать электроны от истока к стоку.

6. В файле ответов поясните, за счёт чего электронный турникет позволяет пропускать именно по одному электрону (а не по нескольку сразу). Для чего в турникете создано несколько островов (а не один)? (2 балла)
7. В файле ответов объясните принцип работы электронного насоса. Какими должны быть зависимости напряжений $U_i(t)$, $i = 1,2,3,4,5$ от времени для того, чтобы насос функционировал? Приведите пример такой зависимости $U_i(t)$. Какая величина является для электронного насоса аналогом давления, создаваемого механическим насосом, и чем определяется максимум этой величины? Для чего нужно создавать электронный насос, если можно просто обеспечить электронный ток за счёт разности потенциалов? (4 балла)
8. В файле ответов назовите другие известные одноэлектронные устройства, не упомянутые в данной задаче, и кратко поясните принцип их действия. (3 балла)
9. Какое из перечисленных ниже устройств действительно относится к "одноэлектронным"? (1 балл)
 - 1) SQUID - магнетометр
 - 2) фотоумножитель
 - 3) интерферометр Фабри - Перо
 - 4) счетчик Гейгера
 - 5) магнитосиловой микроскоп
 - 6) RSFQ
 - 7) СБИС
 - 8) полевой транзистор на основе углеродных нанотрубок

XIV. Пептид-головоломка



Молекула А представляет собой природный полипептид размером около 1 нм. При его неполном кислотном гидролизе в инертной атмосфере были получены только индивидуальные аминокислоты и 9 фрагментов, содержащих в своей последовательности более одной аминокислоты, среди которых есть фрагменты с молярными массами 335, 295, 279 г/моль. После реакции А с динитрофторбензолом и последующим гидролизом среди продуктов было выделено желтое кристаллическое вещество с молярной массой 347 г/моль.

1. В файле ответов установите аминокислотную последовательность пептида А. (3 балла) Достаточно ли данных для однозначного определения аминокислотной последовательности? (1 балл)
2. В файле ответов укажите, как называется вещество А, где оно вырабатывается, с чем связывается. (2 балла)
3. Каким действием обладает вещество А, дайте правильный вариант ответа ниже. (1 балл)
 - 1) избыток в организме вызывает шизофрению
 - 2) составляющая аутоиммунной системы
 - 3) повышает свертываемость крови
 - 4) нормализует артериальное давление
 - 5) является "маркером" беременности
 - 6) вызывает нормализацию состояния кожи
 - 7) контролирует водно - солевой баланс
 - 8) кофактор гормона роста
 - 9) маркер злокачественных опухолей
4. В файле ответов поясните, на какие еще системы влияет вещество А (2 балла)

XV. Биобонд, Джеймс Биобонд



Суперагент 113478 снова попал в затруднительное положение. Проводя секретные исследования в области генной инженерии, он был лишён врагами связи с внешним миром. Тем не менее, он всё равно составил послание, закодировав его в ДНК. Поученную ДНК он ввёл в капсид и собранным вирусом заразил почтового голубя, которого выпустил наружу.

Связной поймал голубя и после того, как в голубятне вдруг началась эпидемия, сообразил, где искать послание. Выделив из первого голубя частицы вируса, он их секвенировал. Опытным глазом молекулярного биолога он сразу же определил, где записано послание, и через некоторое время расшифровал его. Послание было зашифровано в следующем фрагменте ДНК:

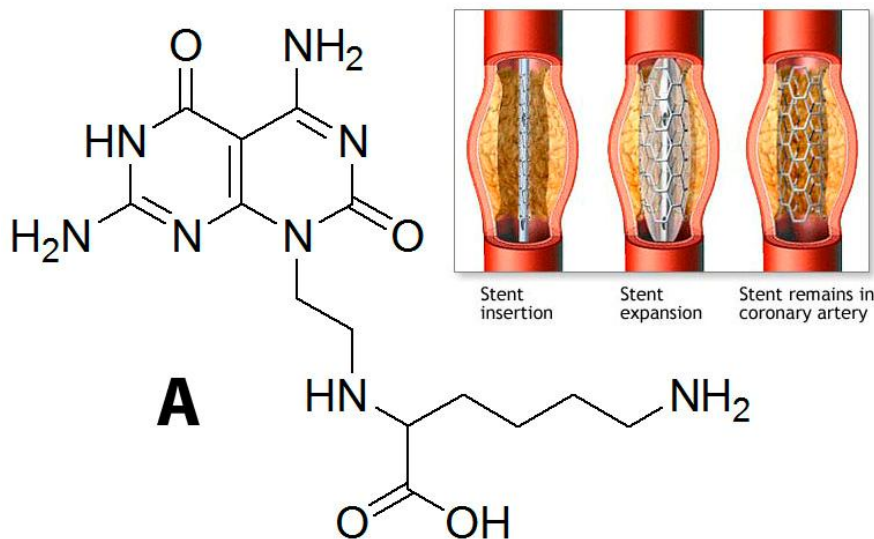
ATG CAT TAA ATG CTT CTT TAA ATG CAA CAA TAA ATG CAA CAA TAA ATG CCT
 CCT CCT TAA ATG TAA ATG ATA TAA ATG TAA ATG TTT T TAA ATG ATA TAA
 ATG CAA CAA CAA TAA ATG AAC T TAA ATG TAA ATG TGT TAA ATG CCT CCT
 CCT TAA ATG CAA CAA CAA TAA ATG CAA CAA CAA TAA ATG TTA TTA TAA ATG
 TGT TAA ATG TGG TAA

Связной догадался, что агент, дабы не вызвать подозрений, воспользуется для передачи аминокислотным кодом. Ещё он знал, что 113478 был консервативен, коллекционировал старые модели сотовых телефонов и телефонов вообще, предпочитал в терминологии английский язык и недолюбливал новомодную однобуквенную кодировку аминокислот.

Он пользовался ею только в том случае, если без этого было уже никак не обойтись. Составив обратное послание и заразив им специально дрессированного таракана, связной начал переписку.

1. Укажите в файле ответов, насколько надёжен такой способ передачи посланий и почему. (3 балла)
2. Объясните в файле ответов, почему для выделения ДНК с шифровкой был выбран именно первый заболевший голубь. (1 балл)
3. Поясните в файле ответов, что в данной последовательности насторожило молекулярного биолога. (1 балл)
4. Укажите в файле ответов, как эта последовательность будет реплицироваться, транскрибироваться и транслироваться в клетках. (2 балла)
5. Что содержалось в тексте послания, укажите правильный ответ из ниже приведенных вариантов (2 балла), а в файле ответов поясните, как Вы пришли к такому заключению (3 балла).
 - 1) Mamma mia
 - 2) Help me friends
 - 3) Resque our agents
 - 4) Fight back quickly
 - 5) Target desactivated
 - 6) Information recieved
 - 7) You have a problem
 - 8) Hello I find connect
 - 9) Transmission failed
 - 10) Operation must be aborted
6. Обсудите в файле ответов, насколько большой объём информации можно передать таким способом. (3 балла)

XVI. Нанотехнологии на службе сосудистой хирургии



Стентирование артерий, в первую очередь относящихся к коронарному и каротидному бассейнам, является высокотехнологичным и малотравматичным методом лечения заболеваний, занимающих свыше 50% в структуре смертности населения развитых стран, – ишемической болезни сердца и цереброваскулярной патологии. Стент представляет собой металлический каркас, который подводится к суженному участку сосуда в сложенном виде и раскрывается в месте назначения путем раздувания небольшого баллона внутри конструкции под рентгенологическим контролем. К сожалению, у части пациентов, перенесших стентирование, впоследствии все же происходит развитие сосудистых катастроф: инфарктов миокарда и острых нарушений мозгового кровообращения (инсультов).

1. В файле ответов объясните возможные причины подобных васкулярных событий.
(2 балла)

Для улучшения прогноза больных, которым выполнена операция стентирования, было предложено несколько оригинальных подходов. Один из них – покрытие металлического (чаще всего титанового) стента при помощи особого типа нанотрубок, самоорганизующихся путем образования межмолекулярных водородных связей между аналогами азотистых оснований ДНК, например, соединения А на рисунке.

2. В файле ответов приведите природные соединения, взаимодействие которых положено в основу самоорганизации вещества А. (2 балла)

Изначально в процессе самоорганизации из А формируется соединение В, содержащее 30 водородных связей (при условии, что остатки аминокислоты лизина полностью ионизированы и образуется максимально возможное число водородных связей).

3. В файле ответов предложите структуру соединения В, предварительно рассчитав число молекул А, необходимых для его образования. (2 балла)

Формирование окончательной структуры нанотрубки происходит за счет стэкинг-взаимодействий.

4. В файле ответов поясните, где – снаружи или внутри образующейся нанотрубки – располагаются остатки лизина. (1 балл)

5. Укажите в файле ответов, какими, на Ваш взгляд, преимуществами наделяет стент покрытие его изнутри нанотрубками на основе соединений, аналогичных А.
(2 балла)

В неком пилотном исследовании была предпринята попытка проверки гипотезы о достоверности снижения частоты сосудистых событий (инфаркта миокарда) после коронарной имплантации стентов, покрытых нанотрубками на основе А, в сравнении с обычными непокрытыми титановыми стентами. Было выяснено, что из 10 пациентов, которым были установлены покрытые стенты, только у одного в течение года наблюдения возник инфаркт миокарда, тогда как в группе сравнения, состоявшей из 11 человек, – у трех.

6. Означают ли полученные результаты, что покрытые нанотрубками стенты более эффективны, чем обычные металлические, укажите необходимый вариант ниже?
(1 балл)

- 1) это ложноположительный результат
- 2) это ложноотрицательный результат
- 3) да, конечно, означают
- 4) нет, конечно, не означают
- 5) вряд ли можно сделать определенные выводы
- 6) вопрос поставлен некорректно

7. В файле ответов поясните, почему Вы так считаете. (2 балла)

XVII. Борьба с диабетом



Сахарный диабет 1 типа является одной из неизлечимых болезней человека. При диабете такого типа в организме перестаёт вырабатываться инсулин, в результате чего резко нарушается метаболизм.

1. В файле ответов укажите, где в организме вырабатывается инсулин. (1 балл)
Для нормальной жизни больные должны постоянно вводить инсулин. Разработаны "продолгованные" формы инсулина, инсулин, защищённый от действия протеаз, который можно принимать с пищей, схемы введения инсулина через кожу без инъекций. Восстановить выработку инсулина самим организмом медицина пока не в состоянии. При получении генно-инженерного инсулина возникает ряд проблем, основная из которых – фолдинг белка после его синтеза на рибосомах.

2. В файле ответов поясните, что такое фолдинг. (1 балл) Поясните, почему фолдинг в указанном случае является проблемой. (2 балла)

В то же время, нет принципиального запрета на синтез инсулина в организме человека, используя белковые машины других клеток.

3. В файле ответов поясните, почему такого заместительного синтеза не происходит. Что будет, если он всё-таки запустится в организме? (4 балла)

Вам, как бионанотехнологу, поставлена задача осуществить управляемый биосинтез инсулина в печени больного. Для этого необходимо, чтобы на необходимых органеллах гепатоцитов в нужный момент появилась и-РНК, кодирующая инсулин.

4. В файле ответов укажите, на каких именно органеллах гепатоцитов и почему? (2 балла)

Её подхватят рибосомы, синтезируют белок, далее произойдёт его фолдинг и клетка секретирует инсулин. Через какое-то время РНК распадётся под действием рестриказ, и биосинтез белка прекратится.

Предположим, что в качестве носителя РНК Вы примените золотые наночастицы.

5. В файле ответов опишите, какими приёмами можно придать им способность избирательно накапливаться в необходимых органеллах гепатоцитов. Каким образом надо вводить Ваши наночастицы, чтобы они максимально быстро проникли в печень? (4 балла)

Для фиксации необходимой и-РНК на наночастицах удобно образование дуплексов с ковалентно привязанными комплементарными фрагментами.

6. В файле ответов опишите, как получить подобные молекулы и какими свойствами они должны обладать для фиксации на золоте. (3 балла)

Для высвобождения РНК необходимо "расплавить" дуплекс.

7. В файле ответов поясните, что такое плавление ДНК. (1 балл)

Это достигается либо введением хаотропов, которые разрушают систему водородных связей, либо нагревом. Хаотропы обычно токсичны, поэтому для плавления дуплекса воспользуемся нагревом.

8. В файле ответов опишите, каким способом Вы воспользуетесь для нагрева золотых наночастиц в печени больного. Учтите, что нагрев должен быть быстрым и очень избирательным, то есть должны нагреваться только наночастицы. (2 балла)

Наконец, для защиты РНК от действия рестриктаз, наночастицы покрывают “шубой” из полимера. Её нужно нанести поверх дуплекса, для чего удобно воспользоваться зарядовым взаимодействием. В Вашем распоряжении полиэтиленгликоль, полиазиридин, полиэтиленимин, крахмал этоксиэтилированный, крахмал карбоксиметилированный, хитозан, декстран, фиколл, агароза.

9. В файле ответов поясните, какой из перечисленных полимеров Вы используете для нанесения защитной оболочки и почему. (3 балла)

10. На самом деле, в задаче заложена одна фатальная ошибка, которая сводит все ценности этого решения к нулю. Найдите её и объясните в файле ответов, в чём она состоит. (1 балл) Укажите ниже, как её исправить. (1 балл)

11. В файле ответов поясните, почему Вы выбрали такое решение и какие еще могут быть ему альтернативы. (2 балла)

- 1) необходимо подавить иммунную систему организма
- 2) необходимо все перенацелить в селезенку
- 3) необходимо изменить свертываемость крови
- 4) нельзя использовать наночастицы тяжелого металла
- 5) нагрев печени невозможен и может привести к тяжелым осложнениям
- 6) покрытие защитной оболочкой неминуемо приведет к фагоцитозу

XVIII. Между спасением и гибелью

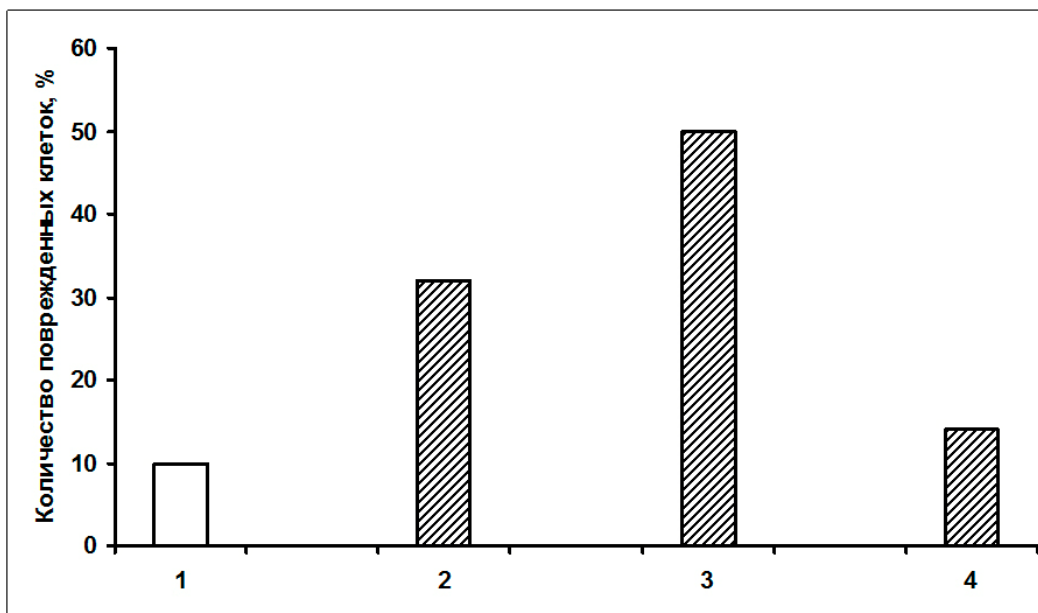


Рис. Влияние фуллерена $C_{60}(OH)_{25}$ на УФ-индуцированное повреждение плазматических мембран макрофагов.

Данные представлены в виде относительного содержания поврежденных клеток в популяции макрофагов после окончания их УФ-облучения ($\lambda_{max}=306$ нм) в дозе 3 Дж/см²: через 15 мин - (□); через 60 мин - (▨)

Фуллерены играют важную роль в развитии современных нанотехнологий. Среди возможных областей применения фуллеренов важное место занимают биология и медицина. На рисунке представлены данные по влиянию производного фуллерена ($C_{60}(OH)_{25}$) на УФ-индуцированное повреждение мембран перитонеальных мышечных макрофагов. Макрофаги были прикреплены к покровным стеклам, находящимся в чашках Петри с раствором буфера. Клетки облучались УФ – излучением с длиной волны 306 нм в

дозе 3 Дж/см^2 . Повреждение клеточных мембран исследовали с помощью микрофлуориметрического метода, используя флуоресцентные красители. Данные отражают влияние производного фуллерена на развитие во времени повреждения клеточных мембран после окончания облучения. Как видно, в отсутствие производного фуллерена в интервале времени от 15 мин (столбик 1) до 60 мин (столбик 2) после окончания облучения происходит возрастание числа поврежденных клеток. Инкубация клеток с производным фуллерена при их облучении и дальнейшая 60-ти минутная инкубация (столбик 3) сопровождалась значительным увеличением числа поврежденных клеток. Из рисунка также видно, что добавление производного фуллерена к клеткам после окончания их облучения приводит к тому, что в темновой период 60-ти минутной инкубации имеет место менее выраженное развитие повреждения мембран клеток (столбик 4), чем в случае их УФ- облучения и инкубации без производного фуллерена (столбик 2).

1. В файле ответов объясните, почему присутствие производных фуллерена в среде инкубации клеток во время их УФ – облучения приводит к увеличению повреждения мембран последних, а в отсутствии излучения наблюдается меньшее повреждение клеточных мембран, в чем именно заключается роль производных фуллерена? (5 баллов)
2. В файле ответов поясните, почему было выбрано именно это производное фуллерена и как его можно синтезировать на практике? (3 балла)
3. Каков возможный механизм повреждения мембран при УФ - облучении вы считаете наиболее вероятным из приведенных ниже? (2 балла)
 - 1) фотоиндуцированные изменения конформации липидов мембраны
 - 2) разогрев мембраны при поглощении УФ-излучения
 - 3) изменение pH среды при УФ - облучении
 - 4) фотоиндуцированный гидролиз фосфолипидов
 - 5) фрагментация мембраны в результате изменения поверхностной энергии
 - 6) липидное перекисное окисление мембран
4. В файле ответов поясните, что этот механизм из себя представляет и почему Вы выбрали именно его. (2 балла)

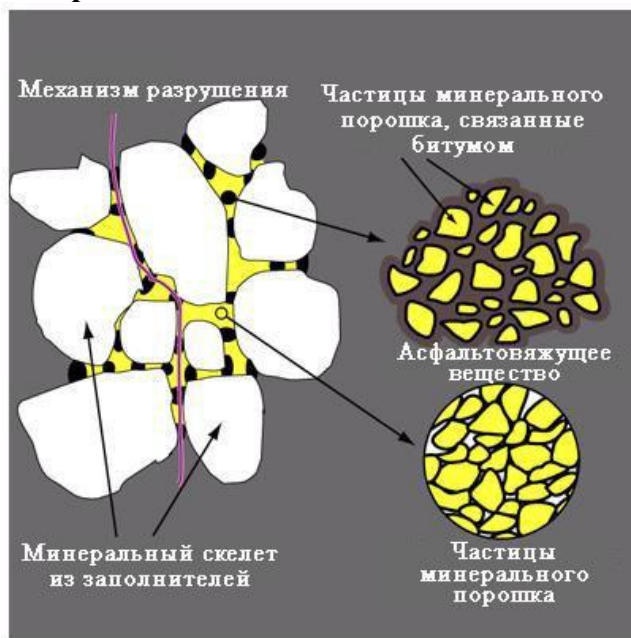
XIX. Застежки и кубики



Известно, что нуклеиновые кислоты образуют дуплексы со строгим соответствием (комплементарностью) оснований. Образуются они преимущественно за счёт водородных связей, но есть и вклад других взаимодействий. Предположим, что, привив определённое количество молекул олигонуклеотидов, Вы получили поли-А и поли-Т матрицы. Длина олигонуклеотидов – 30 букв.

1. Рассчитайте в файле ответов (и потом укажите ниже наиболее подходящий вариант), какое количество молекул необходимо привить для получения застёжки, при расстёгивании которой требуется энергия 15 Дж. (2 балла) При расчёте предположите, что вклада стекинга, гидрофобного взаимодействия и спирализации нет.
2. Как изменится энергия, необходимая для открывания застёжки, если привить поли-G и поли-C молекулы? (1 балл)
3. Предложите, каким способом можно изготовить подобные нанозастёжки, используя в качестве матриц сшитый полистирол, золото, кремнезём. Опишите схемы реакций и процессы, которыми Вы будете пользоваться для создания застёжек. (6 баллов)
4. Подобным образом необходимо собрать золотой нанокубик. У Вас есть золотые наноквадратики со стороной равной 200 нм и толщиной 3 нм. Плоскость квадратиков покрыта защитным слоем и не связывается с олигонуклеотидами. Опишите, каким образом их необходимо модифицировать, чтобы они образовывали нанокубик самосборкой. (4 балла)
 - 1) $10^{23} - 10^{24}$
 - 2) $10^{21} - 10^{22}$
 - 3) $10^{20} - 10^{21}$
 - 4) $10^{18} - 10^{19}$
 - 5) $10^{16} - 10^{17}$
 - 6) $10^{14} - 10^{15}$
 - 7) $10^{13} - 10^{14}$
 - 8) $10^{10} - 10^{12}$
 - 9) $10^8 - 10^9$
 - 10) $10^6 - 10^7$

XX. Такой сложный материал под ногами...



В настоящее время наиболее распространенным типом покрытий автомобильных дорог является асфальтобетонный, устраиваемый с применением органических вяжущих веществ, в основном, с использованием нефтяных битумов. Такие покрытия получили преобладающее распространение как за рубежом, так и в России. В частности, в РФ, США, Германии, Франции, Японии и других странах около 90-95 % усовершенствованных дорожных покрытий строится с использованием битума в качестве вяжущего вещества. Эти вяжущие материалы включают широкую группу

термопластичных продуктов вязкой или жидкой консистенции, применяемых для строительства и содержания автомобильных дорог и аэродромов, гидротехнических сооружений, гидроизоляции тоннелей, мостов, подземных сооружений и зданий, для защиты от коррозии и других целей. Они служат термопластичным связующим, функции которого заключаются в образовании между частицами минеральных материалов или покрываемых поверхностей прочной связи, устойчивой к механическим нагрузкам, воздействию климатических факторов и агрессивных сред. Широкое применение органических вяжущих обусловлено тем, что они отличаются значительным разнообразием свойств, правильное использование которых дает ряд существенных преимуществ.

Битумы являются органическим вяжущим черного или темно-бурого цвета, содержащие в своем составе смесь высокомолекулярных соединений углерода с водородом и их производных, включающих серу, кислород и азот, а также металлы (ванадий, железо, натрий и др.), и представляют собой сложную дисперсную систему.

1. В файле ответов опишите структуру битума. (2 балла) Какие структурные единицы входят в его состав, что они собой представляют? (1 балл)

Структурообразование является одним из основных факторов, влияющих на реологические характеристики битумов, поэтому изучение структуры очень важно для оценки их эксплуатационного поведения.

2. Обсудите в файле ответов, какие существуют структурные типы битумов, чем они характеризуются и каков при этом их состав. (2 балла) Как изменяется структура битума при изменении температуры? (1 балл)

Качество битумо-минерального материала, включая асфальтобетон, в первую очередь, определяется особенностями связей, возникающих между отдельными минеральными зернами, свойствами битума, а также процессами взаимодействия минеральных материалов и битума на их общей поверхности раздела. Для обеспечения прочного и устойчивого сцепления битум должен равномерно покрывать тонким слоем поверхность склеиваемых минеральных материалов. Равномерность и полнота покрытия, в свою очередь, зависят от хорошего смачивания битумом минеральной поверхности. Вслед за смачиванием происходит процесс избирательной адсорбции на минеральной поверхности отдельных компонентов битума и, в первую очередь, поверхностно-активных веществ. При взаимодействии минеральных материалов и битума наиболее важное значение имеют процессы химической адсорбции, протекающие на границе раздела «битум – минеральный материал».

3. От чего зависит толщина пленки битума на поверхности минерального материала? (1 балл) Объясните процесс химической сорбции на границе раздела «битум – минеральный материал» и изменения, протекающие при этом в битуме. (4 баллов)

4. Что такое "мальтены", выберите наиболее подходящий вариант ниже. (2 балла)

- 1) это асфальтены
- 2) это астралены
- 3) это нефтяные смолы и масла
- 4) это ароматические углеводороды
- 5) это гетероциклические углеводороды
- 6) это минеральная составляющая
- 7) это циклопентадиенильные производные
- 8) это легкие парафины
- 9) это непредельные углеводороды

XXI. Doom (Дисперсно-Упрочненные Материалы)



Дисперсно-упрочненными композиционными материалами называют материалы, содержащие искусственно вводимые в них равномерно распределенные упрочняющие частицы, не взаимодействующие активно с матрицей и не растворяющиеся в ней заметно вплоть до температуры плавления.

1. В файле ответов опишите основные механизмы упрочнения ДУМ с металлической матрицей. (3 балла)
2. В файле ответов оцените среднее расстояние между частицами упрочняющей фазы в случае ее равномерного распределения. Считать, что в ДУ сплаве содержится объемная доля f моноразмерных частиц радиусом r . (2 балла)
3. В файле ответов объясните, почему в случае легирования сплавов наноразмерными частицами объемное содержание упрочняющей фазы обычно не превышает 3-6 об.%. (2 балла)

В проволочную форму высокотемпературных сверхпроводников (сложные купраты, ВТСП) в серебряной оболочке, подвергающихся сильным механическим напряжениям (вплоть до разрыва) при пропускании больших токов, генерирующих магнитное поле в соленоидах, трансформаторах, ограничителях предельно допустимых токов, вводят оксид магния, который существенно улучшает их механические характеристики.

4. Как вводят этот оксид магния в композит, укажите ниже правильный вариант ответа (2 балла), пояснив в файле ответов, почему так происходит. (1 балл)
 - 1) в виде изоморфной легирующей добавки магния в фазу ВТСП
 - 2) в виде высокодисперсного оксида магния в шихту при получении ВТСП
 - 3) в виде высокодисперсного порошка магния в порошок готовой фазы ВТСП
 - 4) в виде магний - серебряного сплава внешней оболочки проволоки или ленты
 - 5) в виде дисперсного оксида магния в металлическое серебро
 - 6) и в фазу ВТСП, и в оболочку из серебра - в виде магния
 - 7) и в фазу ВТСП, и в оболочку из серебра - в виде оксида магния

XXII. Неуязвимые бетоны – «герминаторы»



Сегодня сложно представить строительство домов и коттеджей без использования бетона. Это один из основных строительных материалов, который широко распространён как в индустриальном, так и в частном строительстве.

Бетон – это строительный материал, который образуется при отвердевании смеси вяжущего вещества, заполнителей, добавок и воды. Он широко распространён как в индустриальном, так и в частном строительстве. К сожалению, есть одна большая проблема – при нагрузках изделия из бетона покрываются трещинами, что впоследствии снижает прочность и увеличивает коррозию. Однако ученые придумали, как с этим бороться, разработав уникальный бетон, способный, как терминатор из фильма «Терминатор: судный день», восстанавливать себя.

Новый композиционный строительный материал под давлением может гнуться, но при этом он не ломается и не крошится. Как только нагрузка исчезает, бетон возвращает себе первоначальную форму. Хотя его поверхность из-за прогиба покрывается обширной сеткой мелких трещинок, достаточно обычного дождя, чтобы они затянулись сами собой.

Другие разработали «пилюли с нано» для бетона, а третьи и вовсе, в прямом смысле этого слова, заживляют «раны» бетона.

1. В файле ответов напишите, что именно первым ученым послужило основой для создания «неуязвимого» бетона? (2 балла) Какие реакции при этом происходят. (2 балла)
2. В файле ответов укажите, из чего состоят «пилюли». (2 балла) Каков принцип «лечения» ими? (3 балла)
3. Дайте правильный вариант ответа ниже, как может происходить заживление «ран» бетона в последнем случае (2 балла), а в файле ответов предложите конкретные примеры выбранной Вами альтернативы (2 балла)
 - 1) с использованием бактерий
 - 2) с использованием вирусов
 - 3) с использованием плесени
 - 4) с использованием моллюсков
 - 5) пропаривание
 - 6) реакция под давлением с углекислым газом
 - 7) обработка водным раствором "серной печени"
 - 8) воздействие ультразвуком

XXIII. Самовосстановление

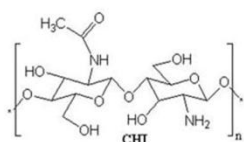


Рис.1. Производное хитозана

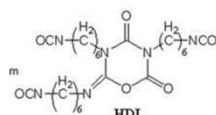


Рис. 2. Гексаметилен диизоциант

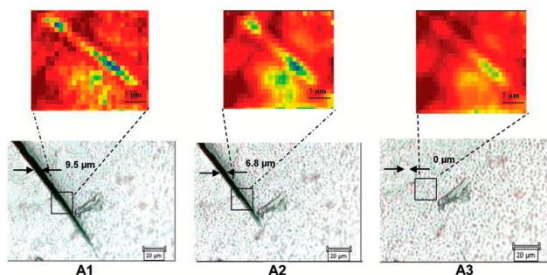


Рис.3. Изображения полимера в ходе заживления (сверху фотографии в ИК-диапазоне, внизу – оптические фотографии), время воздействия УФ-излучения: A1 – 0 мин, A2 – 15 мин, A3 – 30 мин.

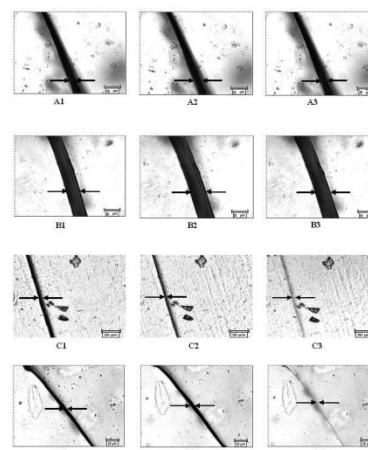


Рис.4. Самовосстановление полимера. Облучение УФ в течение 0 мин – левая часть рисунка, 15 мин – центральная часть, 30 мин – правая часть рисунка. А – чистый полиуретан, HDI/PEG/CHI = 1:1.5:0, В – полиуретан с добавлением хитозана HDI/PEG/CHI = 1:1.4:0.57 × 10⁻⁴, С и D – полиуретан с добавлением хитозана и оксетана в различных концентрациях HDI/PEG/OXE-CHI = 1:1.4:0.57 × 10⁻⁴ и HDI/PEG/OXE-CHI = 1:1.33:1.17 × 10⁻⁴, соответственно.

Любой организм на Земле, будь то бактерия или кит, имеет множество защитных механизмов, позволяющих ему существовать в столь агрессивной среде, как наша биосфера. Одним из таких механизмов является возможность восстановления потерянных клеток, тканей и даже целых органов. Всё это можно объединить одним ёмким словом – регенерация. Чем более сложное строение имеет организм, тем менее выражен этот процесс, т.е. человеческий организм всего-навсего способен лишь восстанавливать потерянные или повреждённые клетки. Однако и этого нам вполне хватает в повседневной жизни.

Хуже обстоит дело с различными бытовыми предметами и устройствами из неживого мира. Однако, в ряде случаев действительно удастся добиться того, чтобы материал "жил", то есть сам бы себя «лечил» и всегда был, как новенький. Это всего лишь самый безобидный пример мечты о самовосстанавливающихся материалах (что же говорить, например, о военной технике!).

1. В файле ответов напишите, какие классы и возможные применения самовосстанавливающихся материалов Вы можете привести. (3 балла)

Понимая всю важность применений таких материалов, учёные постоянно придумывают новые идеи, как создать эффективный самовосстанавливающийся материал, как сделать его производство простым и дешёвым. Особое место среди таких материалов занимают полимеры. Одна группа учёных предложила использовать для указанных выше целей полимеры на основе полиуретана. Для создания композита взяли производное хитозана (рис. 1), которое ввели в реакцию с 3-(хлорметил)-3-метилоксетаном в присутствии NaOH, при этом образовался продукт А. Далее к продукту А добавили полиэтиленгликоль и гексаметилен диизоциант (рис. 2). В результате сформировался самовосстанавливающийся полимер.

2. В файле ответов нарисуйте схему всех протекающих реакций. (3 балла) Укажите строение вещества А. (1 балл)

На рис. 4 представлены оптические фотографии эволюции трещин в ходе процесса самовосстановления полимера под действием УФ-излучения.

3. Если в указанном выше полимере сделать трещину, а затем поместить под УФ-излучение, то меньше, чем за час, «рана» затянется. Объясните в файле ответов, почему в качестве «заживляющего» излучения было выбрано УФ-излучение. (1 балл) Предложите механизмы «заживления» в таком полимере (рис.3). (3 балла)

4. Дайте (ниже) ответ, что способствует склонности оксетана к полимеризации. (1 балл)

- 1) электрофильность альфа-углеродных атомов
- 2) напряженность цикла
- 3) нуклеофильность кислорода
- 4) все факторы, указанные выше
- 5) ни один из обсуждаемых факторов

XXIV. Покупайте лучшее! (без права на рекламу)



Только наша фирма разрабатывает и продаёт уникальные нанокompозитные материалы! Они незаменимы в строительстве и ремонте! Они удобны и долговечны! Вот лишь некоторые:

Волокнит

Новейший нанотехнологичный материал, сочетающий высокую прочность нановолокон и матрицы из нанокристаллов. Изготавливается по запатентованной технологии на специализированном оборудовании. Основу Волокнита составляют высокопрочные нановолокна на основе диоксида кремния, помещённые в матрицу из лучших образцов алита и микрочастиц кремнезёма. Алит обрабатывается чистой артезианской водой из скважины глубиной 350 метров. Гипертермическая обработка острым паром придаёт материалу поистине космическую прочность. Волокнит имеет равную прочность во всех направлениях, долговечен и негорюч. Тонкие, лёгкие и удивительно прочные листы Волокнита укроют Ваш дом и защитят его от любых капризов погоды!

Керамит

Керамит является предшественником технологии Волокнита. Он представляет собой матрицу из нано- и микрокристаллов муллита, вещества, из которого делали компоненты брони танков. Муллит получен и закалён высокотемпературной обработкой, обладает высокой твёрдостью, прочностью, износостойкостью. Способен выдерживать высокие температуры и даже попадание концентрированных кислот и щелочей. Капли расплавленной стали отскакивают от его поверхности, не причиняя ни малейшего вреда! Для Вашего удобства этот суперматериал производится в виде тонких плит, идеально подходящих для облицовки участков, подверженных сильному износу. Специально обученные мастера способны из плит Керамита создать крышу, которой не страшны ни кислотные дожди, ни даже радиоактивные осадки!

Целлювар

Целлювар является последней разработкой нашей фирмы. Данный композитный материал состоит из специально подготовленных нанофибрилл поли-бета-(D)-глюкозы, помещённых в матрицу из органических материалов. Целлювар лёгок, прочен,

водонепроницаем. Входящие в его состав материалы имеют природное происхождение, не содержат ГМО.

Целлювар выпускается в виде широкой ленты длиной 25 и 50 метров. Он отлично сваривается, легко укладывается и долго служит, защищая Вас и Ваш дом!

Покупайте лучшее!! Наши продукты были разработаны ведущими специалистами, они запатентованы и успешно используются во многих странах мира!!!

1. В файле ответов опишите, что такое, на Ваш взгляд, Волокнит, Керамит и Целлювар. (2 балла)
2. Какие процессы протекают при их изготовлении и какие реально существующие аналоги они имеют? (5 баллов)
3. Какие особенности и возможные недостатки этих материалов (а также терминологические неточности) были умело скрыты в этом рекламном сообщении? (3 балла)
4. Какие перспективные разработки придут, как Вы считаете, на замену этим материалам? (3 балла)
5. В файле ответов поясните, насколько безопасны описанные материалы экологически и с медицинской точки зрения. (3 балла)
6. Ниже уточните, что из перечисленного получило название "горного дерева" (2 балла), а в файле ответов поясните, почему. (1 балл)
 - 1) "волокнит" как таковой
 - 2) "керамит" как таковой
 - 3) "целлювар" как таковой
 - 4) "нановолокна силикон диоксида"
 - 5) "алит"
 - 6) "муллит"
 - 7) "нанофибриллы поли-бетта-(D)-глюкозы"
 - 8) "микрочастицы кремнезема"
 - 9) название не ассоциируется ни с чем из перечисленного

XXV. Бронежилет



Секретный агент 113478 работал на суперсекретном заводе по изготовлению бронежилетов. Там он возглавлял лабораторию новых средств защиты. Через некоторое время он заподозрил слежку и оборвал контакт с "Большой землёй". Затем, тщательно продумав схему передачи, он составил сообщение и передал его связному. При передаче 113478 шепнул: "щёлочь и хлороплазма".

Связной надел полученный бронежилет и с боем покинул лабораторию. При этом в него попало 10 пулевых пуль, 2 автоматных и одна винтовочная. Бронежилет выдержал всё, хотя и потерял товарный вид.

В лаборатории, помня о послании, связной положил бронежилет в щёлочь. Через некоторое время металл приобрёл ярко-жёлтый цвет и перестал растворяться. При этом на нагрудной кирасе появился текст! Сфотографировав его, связной стравил плазмой хлора верхний слой и снова погрузил бронежилет в щёлочь. Так была открыта вторая, третья и

далее страницы секретного послания. В конце концов, бронежилет полностью растворился. Защита спины, хотя и имела такое же строение, как нагрудная, послания не содержала.

Связного очень заинтересовала структура и материалы столь чудесной брони, поэтому при растворении он делал пометки и анализы. В ловушке плазменной установки при охлаждении жидким азотом скопились продукты плазменного травления. При нагревании ловушки образовалась тяжёлая жидкость с хлопьями белёсого осадка. Жидкость имела очень сильный запах и заметно дымила на воздухе. Отфильтрованные хлопья с лёгким хлопком реагировали с водой, давая облачко белого дыма с резким запахом. Вода после реакции давала осадок при прибавлении избытка аммиака, но не образовывала осадков при добавлении избытка щёлочи или кислоты. Фильтрат можно было разделить на две фракции перегонкой. Причём первая фракция вообще не реагировала ни с водой, ни с кислотами, ни с аммиаком или щёлочью, а вторая реагировала со всеми перечисленными реагентами очень бурно, неизменно давая массу густого белого дыма.

Количественно перегнав новую порцию жидкости, связной получил две фракции примерно равной массы. Он поместил их в стальные бомбы и добавил избыток натрия. После лёгких взрывов, он обнаружил в одной бомбе копоть, а во второй – порошок металла, который после электронно-лучевой плавки образовал блестящий серебристый слиток. В обеих бомбах было найдено равное количество поваренной соли.

Обдумав результаты, связной несколько изменил компоненты брони и заметно улучшил её характеристики, после чего носил её постоянно.

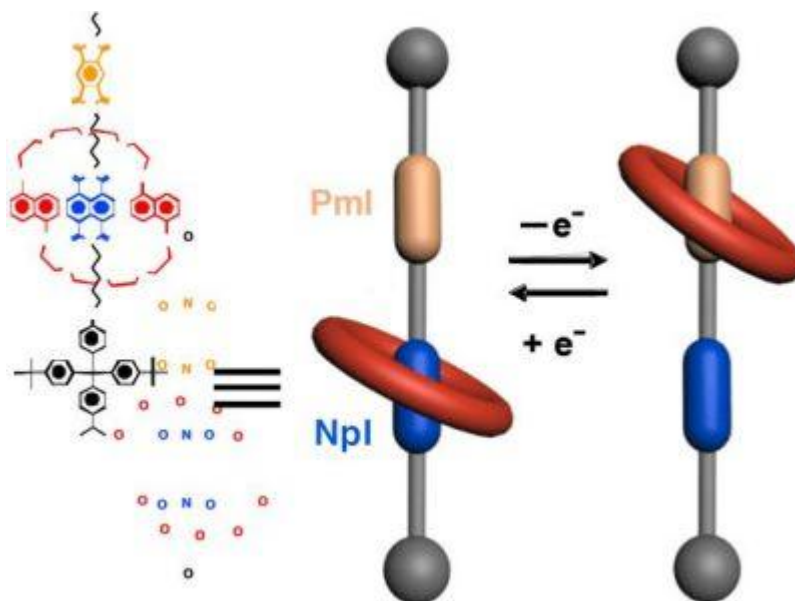
1. В файле ответов укажите, из каких материалов состоял бронежилет, кратко опишите их свойства. (3 балла)
2. В файле ответов укажите, какие реакции, скорее всего, протекали при процессе “чтения” послания и анализа компонентов? (2 балла)
3. В файле ответов рассмотрите, какова структура бронежилета и каково назначение каждого элемента его структуры? (3 балла)
4. В файле ответов рассчитайте, какова толщина слоёв (5 баллов), если травление в щёлочи концентрацией 0,01 моль/литр занимало 10 мин при скорости подачи щёлочи 97 мл/мин, а время плазменной обработки было равно 21,73 мин при давлении атомарного хлора в 100 Па и температуре 500К? Считать, что щёлочь и плазма воздействуют на материал в режиме потока с полным расходом компонентов. Толщину потока плазмы примите равной 10 см. Скорость потока плазмы считайте кратной полным объёмам реактора (площадь кирасы, умноженная на толщину потока) и равной 5 объёмов в минуту. Плотность золотистого материала примите равной 4,9 г/см³. Кирасу считайте правильной трапецией с меньшим основанием равным 45 см, большим – 52 см и высотой – 50 см.
5. В файле ответов обсудите, как можно изготовить подобный материал? (2 балла)
6. Какие материалы можно заменить (на что и почему) для улучшения характеристик бронежилета? (3 балла)
7. Сколько страниц было в послании агента 113478, если толщина бронежилета была равна 5 мм (2 балла), ответ подтвердите расчетом в файле ответов (2 балла).
 - 1) 100 000 – 100 100
 - 2) 50 000 – 51 000
 - 3) 21 000 – 23 000
 - 4) 12 000 – 14 300
 - 5) 6000 – 6900
 - 6) 3000 – 3100
 - 7) 1200 – 1400
 - 8) 700 – 800
 - 9) 100 – 200
 - 10) 10 – 15

Минивикторины творческих конкурсов и конкурсов научно-исследовательских работ (2011)

I. Наноп физика, наноэлектроника

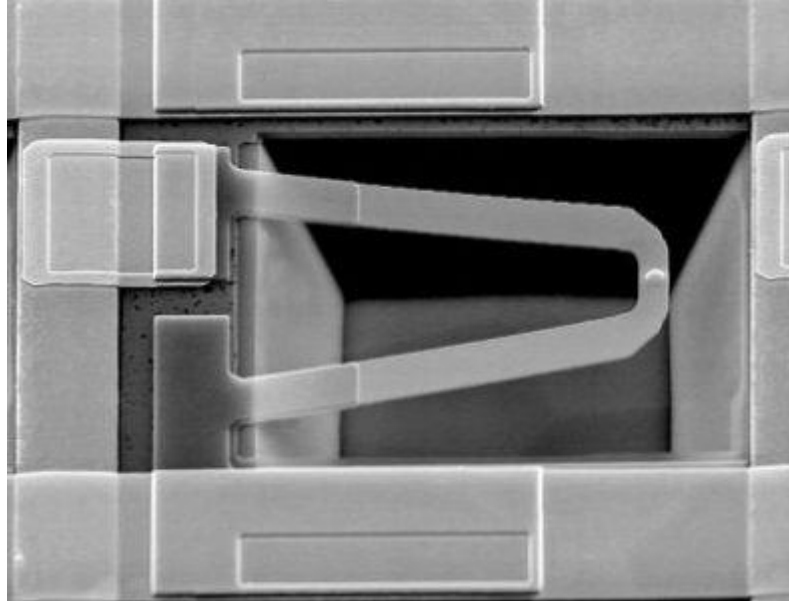
Типы работ – научно-исследовательские работы студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады. Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Фундаментальные основы физических явлений, происходящих "на наноуровне" (туннелирование, квантование, эффекты "близости").
 - Размерный эффект, его проявления и влияние на дизайн наноустройств.
 - Элементная база наноэлектроники (квантовые точки, графен, нанотрубки, нанопроволоки, упорядоченные массивы элементов и пр.).
 - Методы создания наноустройств и устройств наноэлектроники.
 - Компьютерное моделирование физических явлений и функционирования наноустройств.
 - Прототипы устройств, использующих особые свойства нанообъектов (запись, считывание, воспроизведение, преобразование информации, энергии и пр.).
 - Измерение и анализ физических свойств нанообъектов.
1. Молекулы какого из ниже перечисленных классов использовались для создания запоминающего устройства молекулярной электроники, изображенного на рисунке?

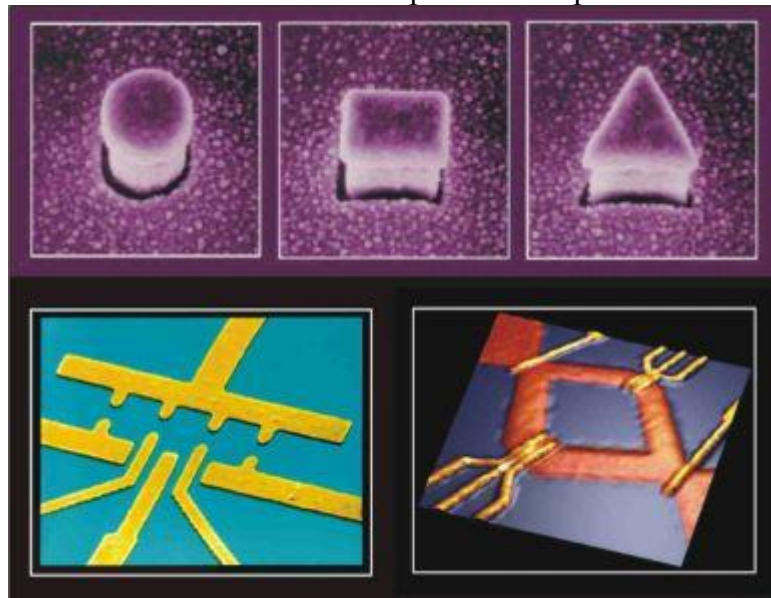


- 1) криптанлы
 - 2) краун – эфиры
 - 3) ротаксаны
 - 4) катенаны
 - 5) кариксарены
 - 6) электриды
 - 7) электреты
 - 8) хелаты
2. Для записи и последующего считывания информации можно использовать массивы зондов-иголок, что позволит увеличить на порядки скорость считывания / записи информации и поэтому делает такой способ конкурентоспособным по быстрдействию не только с магнитными, но и, например, сугубо электронными – такими, как флэш-память. На рисунке изображена одна из подобных конструкций. Зачем в цепи питания таких устройств, прижимающих иглу кантилевера к среде, в

которой информация записывается (например, поверхность специального полимера), в свое время включались диоды Шоттки?

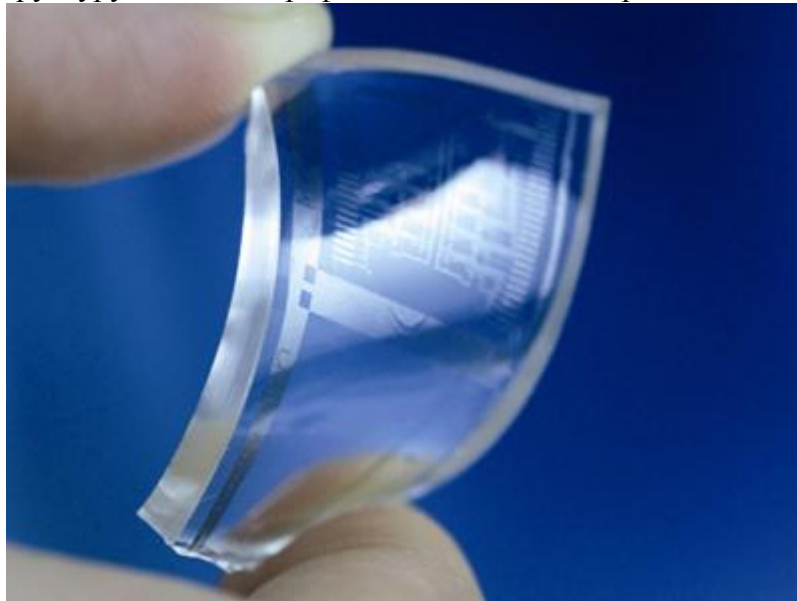


- для выпрямления импульсов тока из бытовой цепи
 - для предотвращения нагрева кантилеверов
 - для предотвращения крипа сегнетоэлектрического нанопозиционирующего устройства
 - для нагрева кантилеверов
 - для электрического шунтирования
 - для накопления электростатического заряда
 - для блокирования паразитных токов
3. На данной схеме показаны устройства, полученные с использованием квантовых точек. Вверху - искусственно выращенные "вертикальные" квантовые точки. Левый нижний рисунок показывает геометрию затвора в планарной структуре с квантовыми точками. Что может быть изображено на правом нижнем рисунке?



- 1) SQUID - датчик
- 2) датчик Холла
- 3) оптический пинцет
- 4) кольцо Ааронова-Бома
- 5) элемент Пельтье

- 6) счетчик Гейгера
 - 7) детектор излучения Вавилова – Черенкова
4. С помощью какой методики на полимерную матрицу лучше всего наносить планарную структуру из листов графена для гибкой электроники?



- 1) электродуговым распылением
 - 2) лазерной абляцией
 - 3) мягкой литографией
 - 4) микросферной литографией
 - 5) магнетронным напылением
 - 6) электрофоретическим осаждением
 - 7) с помощью графоэпитаксии
5. Изготовление МЭМС (микроэлектромеханических систем) обычно включает стадию использования полимеров для получения деталей таких устройств. Использование металлов для этих же целей сталкивается с соотношением (законом) Холла–Петча, которое дает количественное описание роста предела текучести поликристаллического материала с уменьшением размера зерна. При существенном уменьшении зерна до порядка нескольких десятков нанометров этот закон в той или иной мере нарушается, и проявляется так называемый обратный эффект Холла–Петча. Как тогда "вырезать" микродетали из расходного материала при микроштамповке, какую форму металла (расходного материала) лучше использовать?

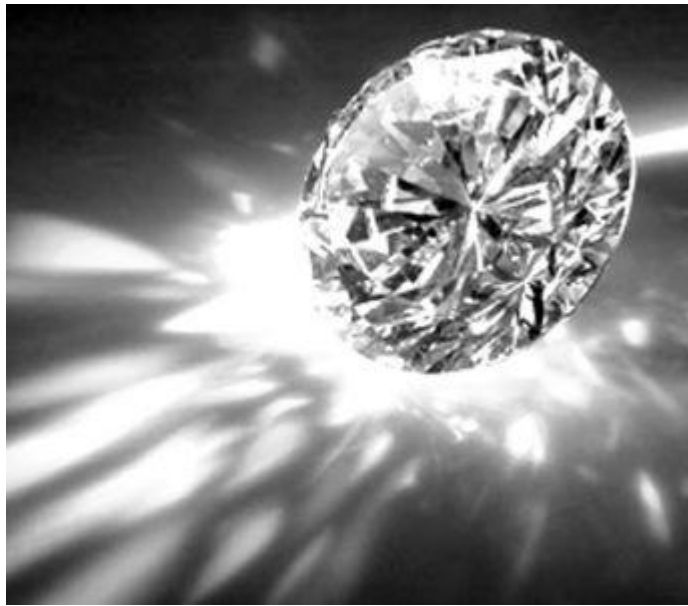


- 1) монокристалл металла
- 2) "ус" металла
- 3) тонкую пленку металла
- 4) поликристаллическую фольгу
- 5) фольгу аморфного металла
- 6) фольгу металла после термомеханической обработки

II. Углеродные наноматериалы

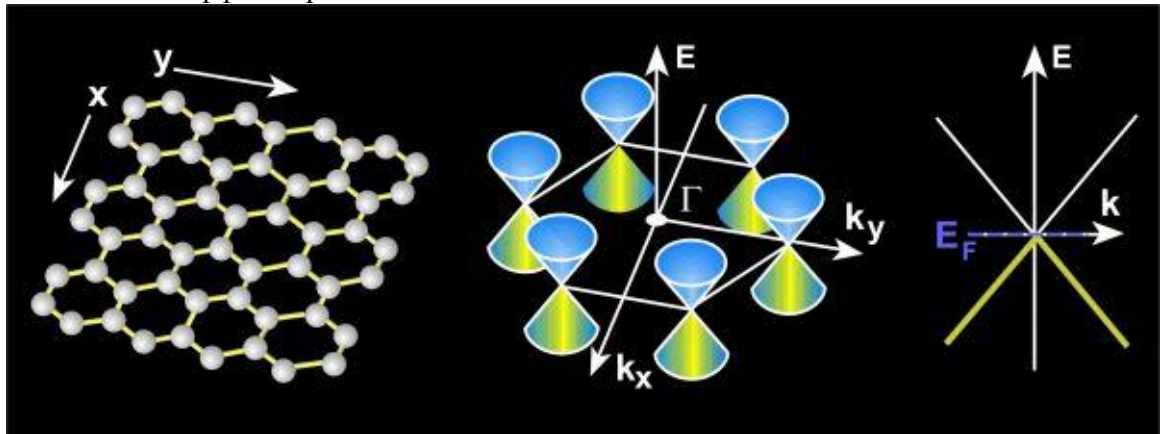
Научно-исследовательские работы студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады. Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Углеродные нанотрубки, синтез, модифицирование, практическое использование
 - Фуллерены, синтез, модифицирование, практическое использование
 - Графен, синтез, модифицирование, практическое использование
 - Наноалмаз, синтез, модифицирование, практическое использование
 - Графит и его производные, получение, модифицирование, практическое использование
 - Углеродные волокна, получение, модифицирование, практическое использование
 - Стеклоуглерод и технические материалы на основе углерода
 - Композиты, содержащие углеродные наноматериалы
1. Какое из предложенных ниже веществ используют при получении наноалмазов?



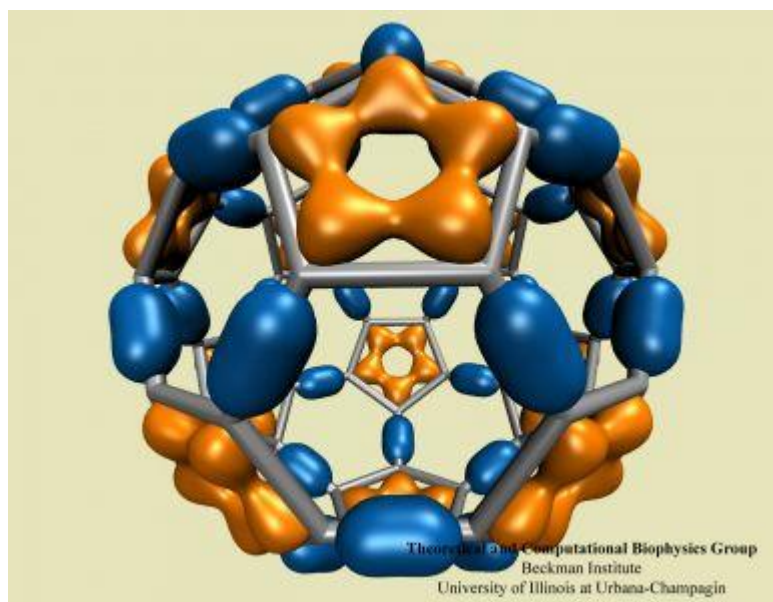
- 1) O_3
- 2) оксидиквит
- 3) черный порох
- 4) NBr_3
- 5) N_2O_4
- 6) H_2O_2
- 7) соль Бартлета
- 8) гремучая ртуть
- 9) аммонал

2. В СКР графена интенсивность линий и их положение зависят от числа слоев. Для какой линии эффект проявляется в наибольшей степени?

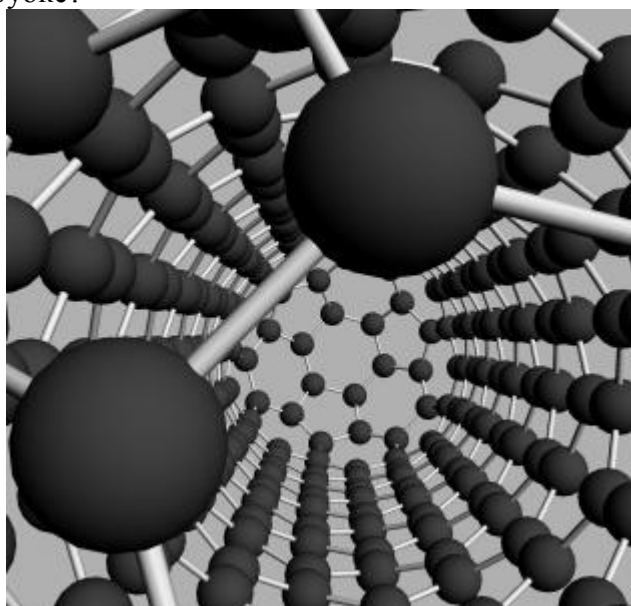


- 1) для G - линии
- 2) для D - линии
- 3) для всех линий одинаково
- 4) изменения незначительны
- 5) графен не имеет значимого рамановского спектра

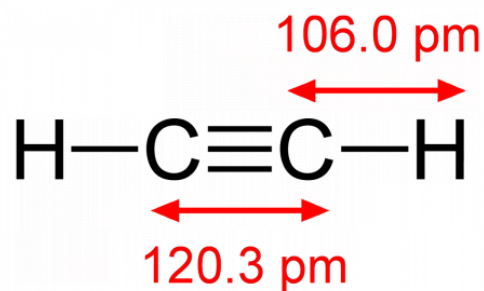
3. Какой из перечисленных ниже методов предпочтителен для количественного анализа химического состава фтор-производных фуллерена?



- 1) рентгенофазовый анализ
 - 2) электронная дифракция
 - 3) капиллярная адсорбция азота
 - 4) рентгеноспектральный микроанализ
 - 5) взвешивание на кварцевых микровесах
 - 6) матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация
 - 7) инфракрасная спектроскопия
 - 8) сканирующая зондовая микроскопия
4. Какие из перечисленных ниже дефектов могут присутствовать в одностенной углеродной нанотрубке?



- 1) дефект Стоуна - Велса
 - 2) дефект Френкеля
 - 3) дефект Шоттки
 - 4) дислокации
 - 5) несоразмерные модуляции
 - 6) дисклинации
 - 7) центры окраски
 - 8) политипия
5. Какой из катализаторов используют для получения "органического металла"?



- 1) цеолит и другие молекулярные сита
- 2) платиновая чернь
- 3) наностержни серебра
- 4) оксид ванадия (V)
- 5) Циглера - Натта
- 6) катализатор Уилкинсона
- 7) основание Шиффа
- 8) реактив Гриньяра

III. Альтернативная энергетика

Научно - исследовательские работы студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады. Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Нетрадиционные приемы генерации, передачи и хранения энергии с использованием нанотехнологий
 - Нанотехнологии в солнечной энергетике
 - Наноматериалы для ядерной энергетике
 - Наноматериалы для водородной энергетике
 - Дизайн и новые материалы топливных элементов
 - Первичные и вторичные химические источники тока
 - Биоэлектричество и биотопливо, каталитические процессы и системы
 - Мембранные технологии для альтернативной энергетике
 - Нантехнологии в гидротермальной энергетике
 - Гидро- и ветроэнергетика и материалы для них
 - "Умный дом"
 - Наноматериалы и новые процессы для транспорта будущего
1. Что можно в качестве "антенн" использовать в пластиковых солнечных батареях?



- 1) медную проволоку
 - 2) квантовые точки
 - 3) напыленные серебряные меандры
 - 4) магнитные наночастицы оксида железа
 - 5) полимер с дырочной проводимостью
 - 6) широкозонный полупроводник
 - 7) прозрачный электронный проводник (оксид)
2. С чем теснейшим образом связана аббревиатура rabbits?



- 1) с ВТСП второго поколения
 - 2) с кролиководством и биотопливом
 - 3) с производством солнечных батарей
 - 4) с увеличением прочности лопаток гидротурбин
 - 5) с разработкой оболочек ТВЭЛов
 - 6) ни с чем не связано
 - 7) связано со всем вышеперечисленным
 - 8) вопрос не имеет смысла
3. Какая из перечисленных ниже жидкостей наиболее близка по набору химических элементов и веществ к обычным продуктам фотосинтеза?

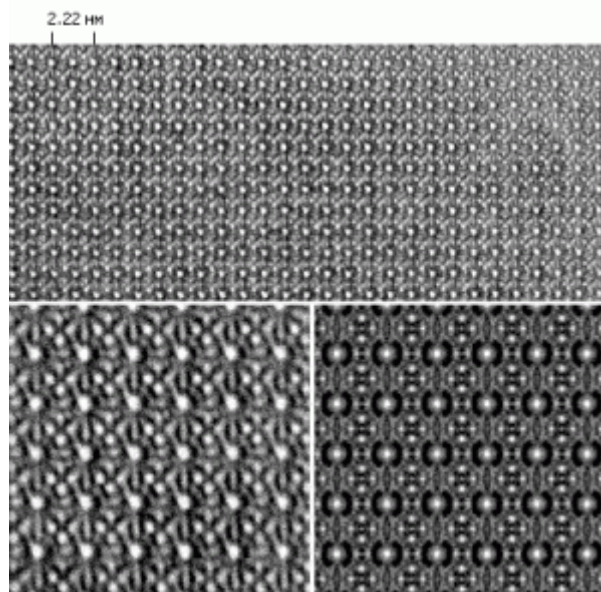


- 1) кока - кола

- 2) водка
 - 3) терпениол
 - 4) молоко
 - 5) битум
 - 6) креозол
 - 7) минеральная вода
 - 8) соляная кислота
 - 9) физиологический раствор
4. Какое из перечисленных ниже веществ можно, в принципе, использовать для создания электрохромных "умных окон"?



- 1) латунь
 - 2) амальгаму аммония
 - 3) вольфрамовую бронзу
 - 4) сплав с памятью формы
 - 5) кассиев пурпур
 - 6) берлинскую лазурь
 - 7) киноварь
 - 8) галогениды серебра
5. На фотографии показана кристаллическая решетка современного термоэлектрика с клатратной структурой. С чем связано преимущество использования подобных "наноклеточных" материалов?



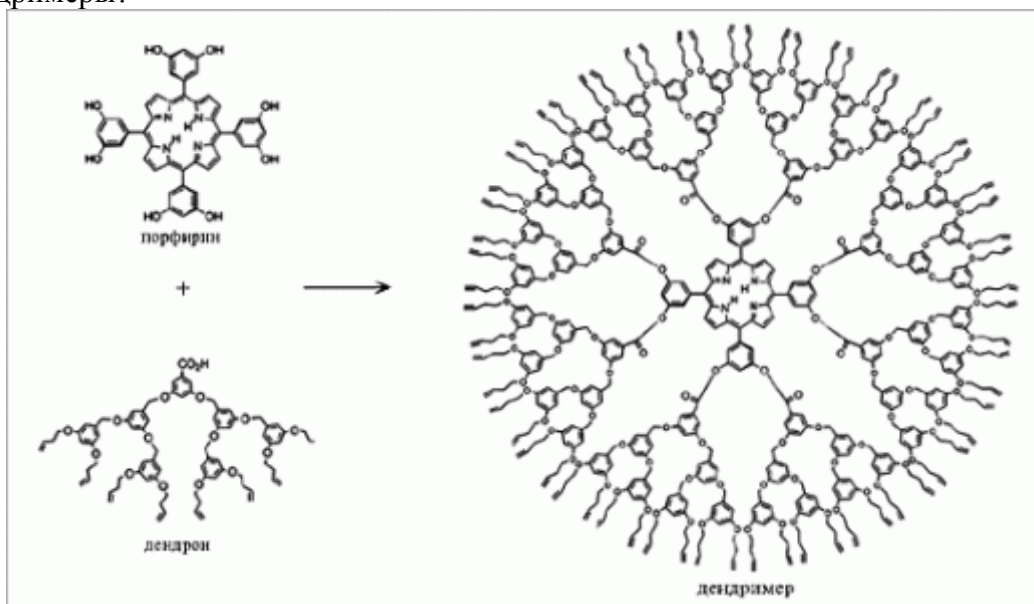
- 1) с оптимизацией теплоемкости
- 2) с независимой подстройкой тепло- и электропроводности
- 3) с искусственным изменением КТР
- 4) с подстраиваемым модулем Юнга
- 5) с увеличением эффекта Пельтье
- 6) с увеличением эффекта Зеебека
- 7) с увеличением ширины запрещенной зоны
- 8) с уменьшением размера зерен и межкристаллитного сопротивления
- 9) с увеличением электрофоретического эффекта

IV. Экология, наномедицина, нанобиотехнологии

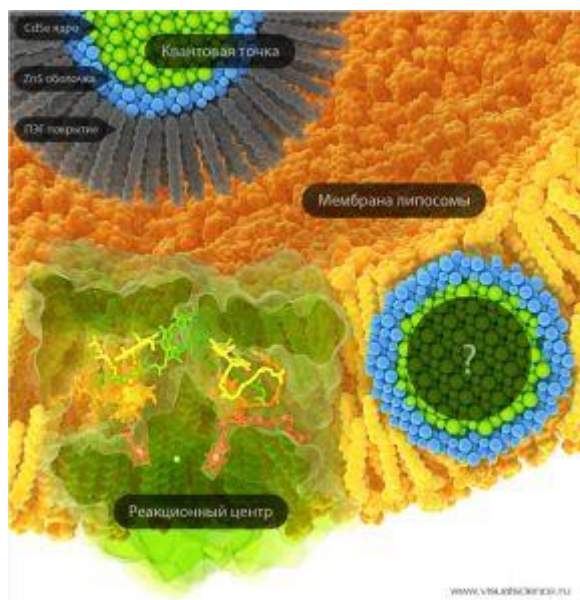
Научно - исследовательские работы студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады. Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Молекулярные машины
- Нанобиоконъюгаты, получение, свойства, применения
- Биосенсоры
- Биокерамика, биосовместимые наноматериалы
- Квантовые точки, магнитные наночастицы для биомаркеров и средств визуализации
- Антибактериальные покрытия
- Биосовместимые покрытия
- Методы получения наноматериалов с помощью живых организмов
- Наноматериалы природного происхождения
- Сорбенты для медицинских целей
- Наноматериалы для клеточной инженерии
- Нанотоксикология

1. Для использования в какой из видов терапии из ниже перечисленных не подходят дендримеры?



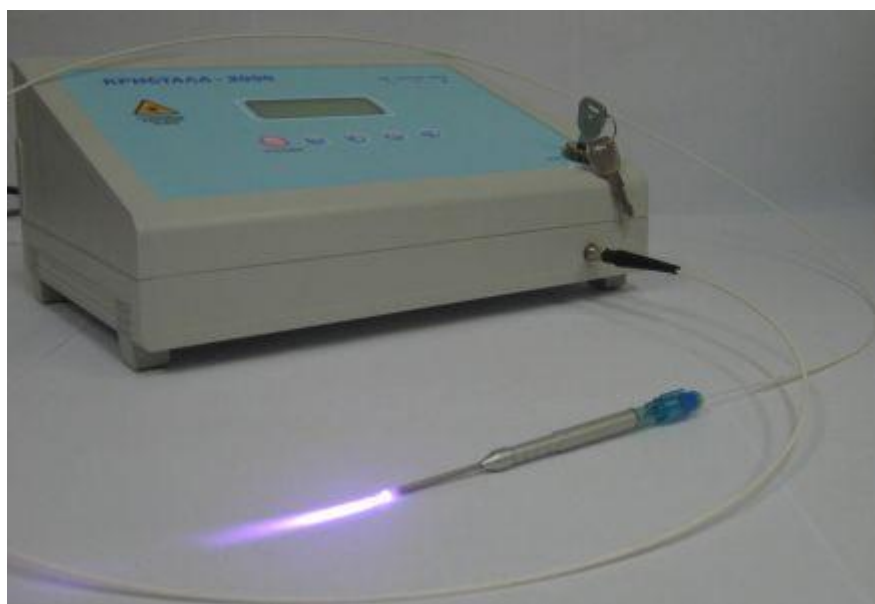
- 1) генотерапия
 - 2) локальная гипертермия
 - 3) фотодинамическая терапия
 - 4) нейтронозахватная терапия
 - 5) радиотерапия
 - 6) хемотерапия
2. Что является вторичным акцептором электронов в искусственной фотосинтетической системе "бактериородопсин - квантовая точка"?



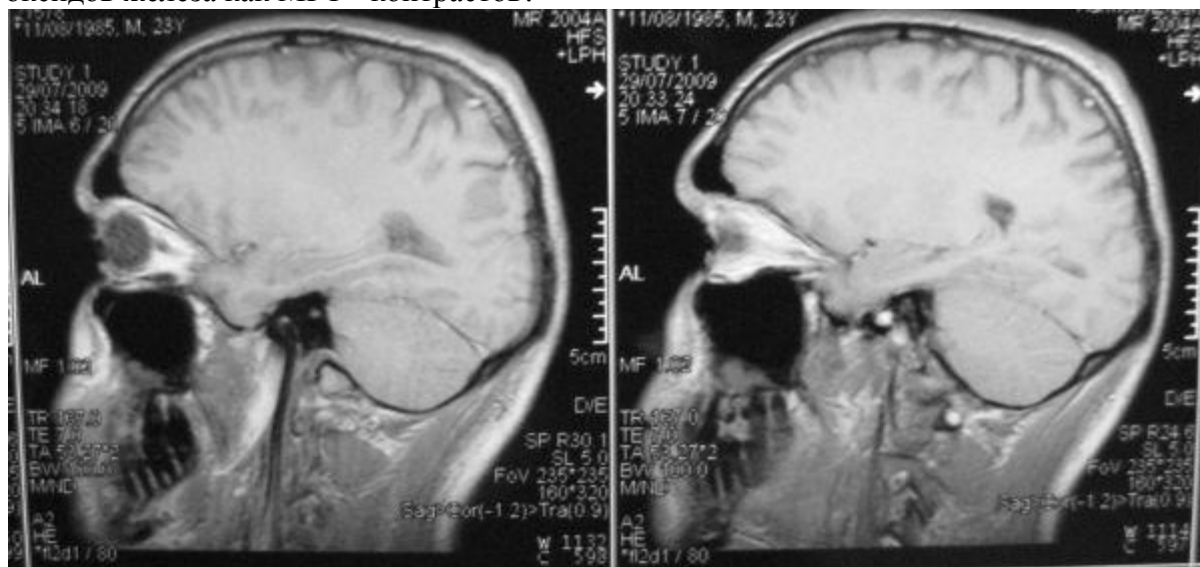
- 1) квантовая точка
 - 2) ретиналь
 - 3) молекулы убихинонов
 - 4) билипидная мембрана
 - 5) аспарагиновая кислота
 - 6) шиффо основание
3. Какая из ниже перечисленных пар используется для реализации "клик - химии"?



- 1) карбоксильная группа - аминогруппа
 - 2) хинон - имин
 - 3) нитрозогруппа - кетон
 - 4) нитрогруппа - алкен
 - 5) диазогруппа - диен
 - 6) азид - алкин
 - 7) цианогруппа - альдегид
4. Производные каких из ниже перечисленных соединений используются для проведения фотодинамической терапии?



- 1) меркаптанов
 - 2) металлоценов
 - 3) кубанов
 - 4) краун - эфиров
 - 5) криптанов
 - 6) порфиринов
 - 7) барбитуратов
 - 8) холестерина
 - 9) родопсина
5. В чем причина эффективности использования суперпарамагнитных наночастиц оксидов железа как МРТ - контрастов?

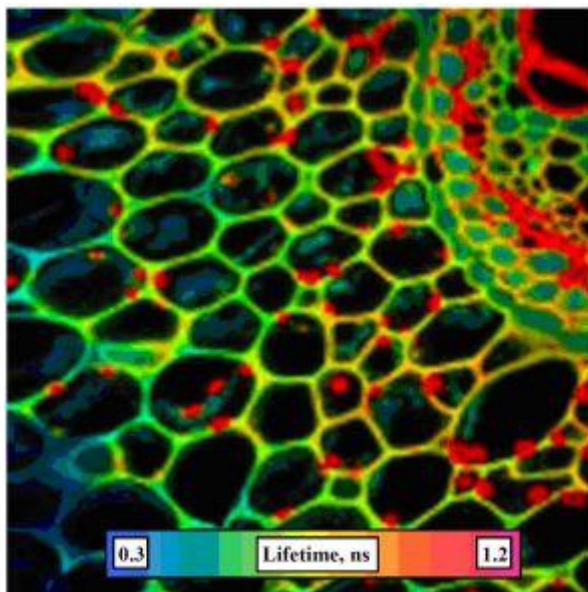


- 1) создание локального магнитного поля
- 2) поглощение магнитного поля ионами железа
- 3) локальное повышение температуры в переменном магнитном поле
- 4) переизлучение электромагнитного излучения наночастицами
- 5) протекание локальных химических реакций под действием магнитного поля
- 6) возбуждение вихревых токов в наночастицах в переменном магнитном поле

Научно - исследовательские работы студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады. Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Фотоннокристаллические системы
- Наноплазмоника и устройства с использованием плазмонного резонанса
- Светоизлучающие элементы, ОСИД и другие
- Люминесцентные сенсоры
- Ферстеровский перенос энергии и резонансные явления
- Энергетический обмен в нанобиосистемах
- Гетероструктуры и сверхрешетки

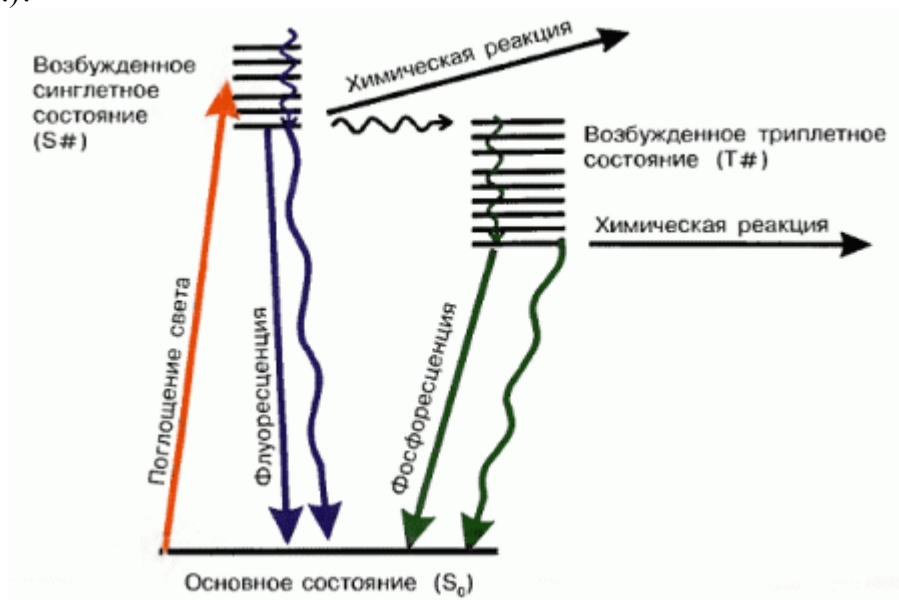
1. Какая из конструкций служит чаще всего для увеличения эффективности люминесценции кадмий - халькогенидных квантовых точек?



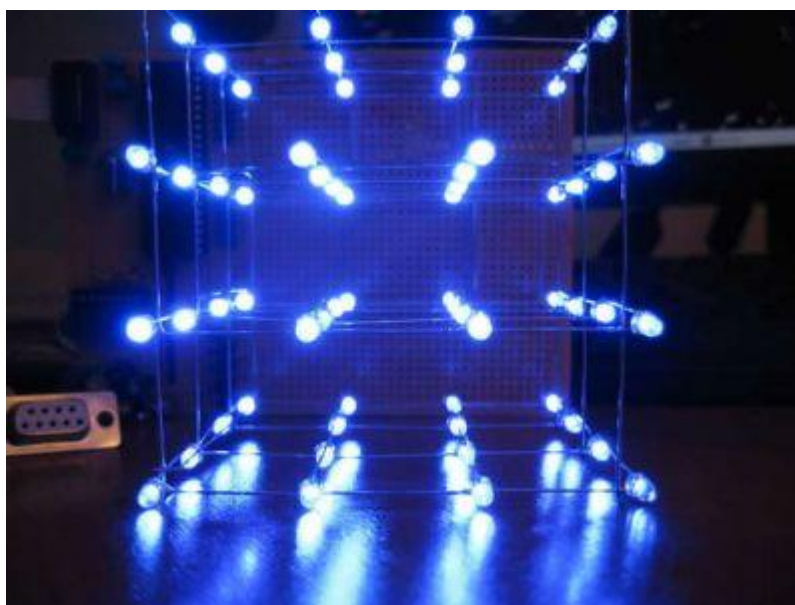
- 1) оболочка более широкозонного на ядре из узкозонного полупроводника
 - 2) ширины запрещенных зон полупроводников ("ядро - оболочка") сопоставимы, края зон сдвинуты
 - 3) квантовая точка, содержащая ловушки дырок
 - 4) квантовая точка, содержащая ловушки электронов
 - 5) квантовая точка, содержащая ловушки экситонов
 - 6) квантовая точка эллиптической формы
 - 7) квантовая точка с уменьшенным стехиометрическим содержанием халькогена
2. Оптическая микроскопия единичных квантовых точек показала, что им присуще «мерцающее» поведение, когда точка случайно-периодически переходит из люминесцирующего состояния (on-состояние) в темное состояние (off-состояние). С чем связано такое поведение?



- 1) броуновское движение частиц
 - 2) флуктуации коэффициента преломления раствора
 - 3) один из носителей заряда инжектируется в окружение нанокристалла
 - 4) высокая анизотропия тепловых колебаний атомов
 - 5) несовершенство измерительной аппаратуры
 - 6) тепловые флуктуации
3. К каким переходам относится "внутренняя конверсия" в диаграмме Яблонского (и вообще...)?



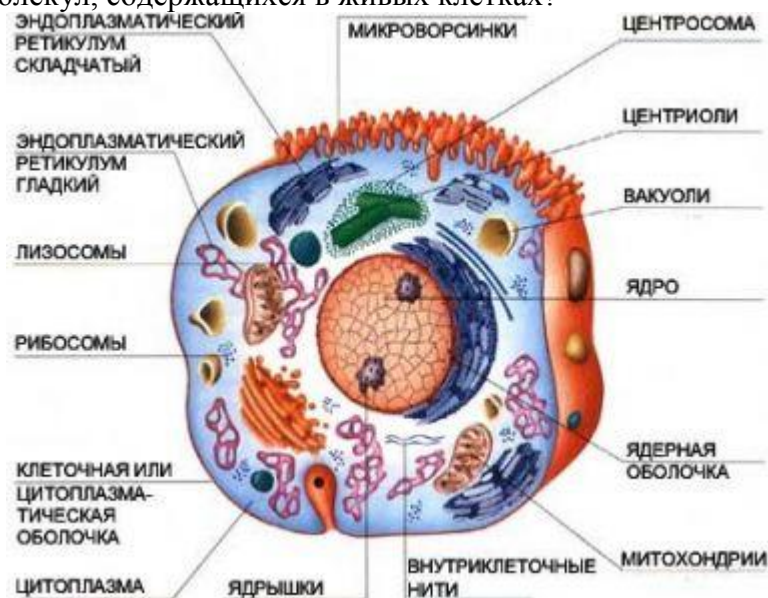
- 1) к люминесценции
 - 2) к флуоресценции
 - 3) к фосфоресценции
 - 4) к поглощению излучения
 - 5) к многофотонному поглощению
 - 6) к испусканию когерентного излучения
 - 7) к безызлучательным переходам
4. Какой из ионов редкоземельных элементов Вы бы использовали для создания ОСИД?



- 1) Ce^{4+}
- 2) La^{3+}

- 3) Sc^{3+}
- 4) Y^{3+}
- 5) Eu^{2+}
- 6) Pr^{4+}
- 7) Ce^{3+}
- 8) Er^{3+}

5. Какой из методов, перечисленных ниже, Вы бы использовали для неразрушающего анализа биомолекул, содержащихся в живых клетках?



- 1) ЯГР
- 2) ГКР
- 3) ЯКР
- 4) РФА
- 5) РГА
- 6) РФЭС
- 7) АЭС
- 8) ТГА

VI. Конструкционные наноматериалы

Научно - исследовательские работы студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады. Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Ультрамелкозернистые металлические конструкционные материалы
 - Нанокерамика
 - Строительные наноматериалы
 - Полимерные материалы, модифицированные нановолокнами, наночастицами
 - Керметы
 - Углеродные композитные материалы, композитные материалы на основе углеродных нанотрубок, графена, фуллерена, наноалмаза
 - Антифрикционные, антикоррозионные, упрочняющие покрытия
 - Текстиль, тканые и нетканые материалы, содержащие наночастицы
1. Что (хотя бы теоретически) лучше использовать для повышения молниезащищенности истребителя пятого поколения?



- 1) фуллерены
 - 2) висеры карбида кремния
 - 3) полупроводниковые висеры кремния
 - 4) кварцевые волокна
 - 5) тефлоновые покрытия
 - 6) квантовые точки селенида кадмия
 - 7) углеродные нанотрубки
 - 8) столбчатые покрытия из диоксида циркония
 - 9) усы сверхчистого железа
 - 10) Nb_3Ge
2. Из каких реактивов получают аэросил для нанобетона?



- 1) CCl_4
 - 2) $ZrCl_4$
 - 3) $SiCl_4$
 - 4) $CaCl_2$
 - 5) $Al(OH)_3$
 - 6) H_3PO_4
 - 7) H_2SO_4
 - 8) SF_6
 - 9) $Ti(OC_2H_5)_4$
3. За счет какого воздействия можно увеличить гидрофобность тефлона?



- 1) обработка кислородной плазмой
 - 2) обработка плавиковой кислотой
 - 3) микроструктурирование поверхности
 - 4) полировка поверхности
 - 5) электрогальваническое нанесение меди
 - 6) магнетронное нанесение золота
 - 7) фотохимическое воздействие
 - 8) воздействие жестким гама - излучением
 - 9) плавление и охлаждение
4. В каком из перечисленных ниже устройств обычно с успехом (как необходимая составляющая) используются керметы?



- 1) "кислородные" топливные элементы
- 2) бытовые зеркала
- 3) посуда для микроволновой печи
- 4) корпуса сотовых телефонов
- 5) элементы Пельтье для охлаждения процессоров
- 6) "искусственный камень" бытовой кухонной мебели
- 7) прочные корпуса подводных лодок
- 8) изоляционные элементы ЛЭП

- 9) фундаменты небоскребов
5. Из какого металла (сплава), подвергнутого оптимальной термомеханической термообработке, Вы бы сделали бронежилет?



- 1) латунь
- 2) бронза
- 3) карбонильное железо
- 4) никель Ренея
- 5) осмий
- 6) хром
- 7) ванадий
- 8) титан
- 9) цирконий
- 10) скандий

VII. Синтез и анализ нанообъектов

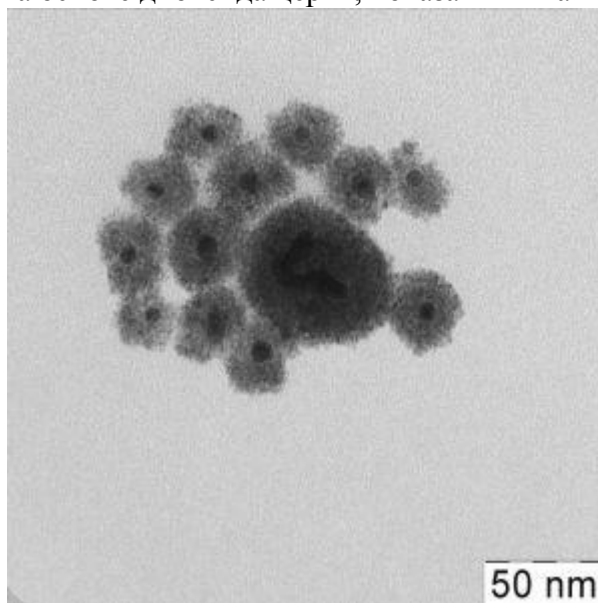
Научно - исследовательские работы студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады. Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Сканирующая зондовая микроскопия и ее новые модификации при получении и анализе наноматериалов
- Электронная микроскопия (сканирующая, просвечивающая, высокого разрешения, электронная дифракция, локальный анализ состава и пр.) и ее новые модификации при анализе наноматериалов
- Дифракционные методы анализа наноматериалов (рентгеновская, нейтронная дифракция и пр.)
- Малоугловое рассеяние при анализе наноматериалов, динамическое светорассеяния и пр.
- Резонансные методы анализа нанообъектов (ЯМР, ЯГР, ЭПР и др.)
- Спектральные методы анализа нанообъектов (ИК, УФ-вид., СКР, ГКР и др.)
- Тонкая структура полосы поглощения рентгеновских лучей (XANES, EXAFS), РФЭС и др. методы в анализе наноматериалов
- Конфокальная микроскопия в анализе биологических объектов с "наномаркерами", методы визуализации для биологии и медицины
- Методы анализа состава наноматериалов
- Методы анализа механических свойств наноматериалов, нанотрибология
- Методы анализа магнитных и электрических характеристик нанообъектов, в том числе единичных

- Разработка новых методов получения наноматериалов
 - Разработка новых методов анализа наноматериалов
 - Программное обеспечение методов синтеза и анализа наноматериалов
 - Нанометрология
1. Каким из методов, скорее всего, можно было бы увидеть этих нанороботов (на коллаже)?

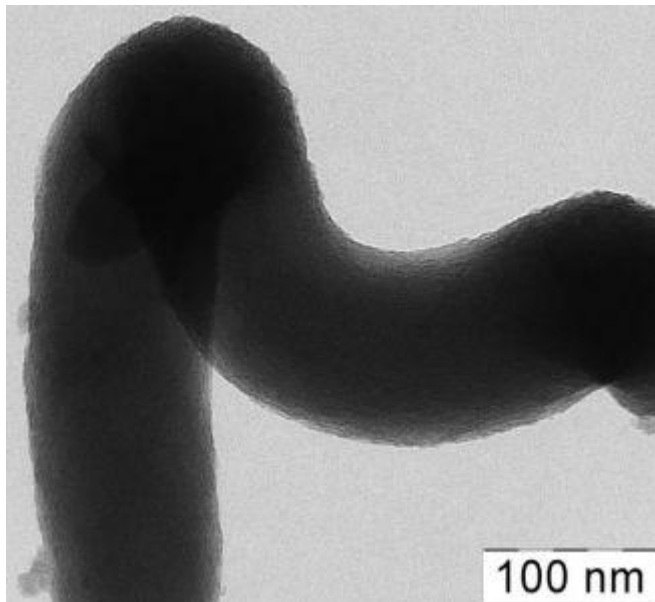


- 1) атомно - силовая микроскопия
 - 2) конфокальная микроскопия
 - 3) ближнепольная оптическая микроскопия
 - 4) туннельная сканирующая микроскопия
 - 5) сканирующая электронная микроскопия
 - 6) просвечивающая электронная микроскопия
 - 7) электронная микроскопия высокого разрешения
 - 8) магнито-резонансная томография
 - 9) рентгеновская топография
2. Каким образом проще и надежнее всего было бы подтвердить наличие наночастиц золота в оболочках на основе диоксида церия, показанных на микрофотографии?

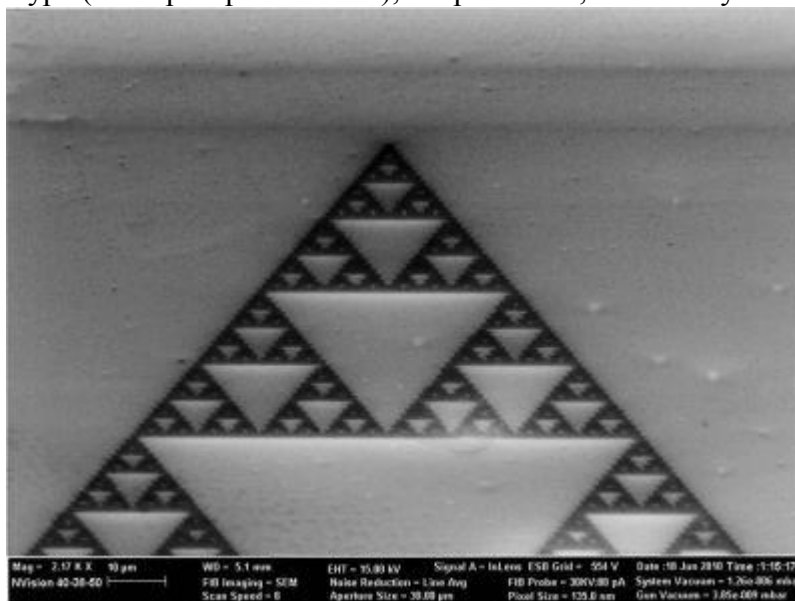


- 1) инфракрасной спектроскопией
- 2) уф-вид. спектроскопией

- 3) мессбаэровской спектроскопией
 - 4) SQUID - магнетометрией
 - 5) вибрационной магнетометрией
 - 6) термогравиметрией
 - 7) вискозиметрией
 - 8) импеданс-спектроскопией
3. Каким методом, скорее всего, получен этот мезопористый диоксид кремния из исходных реагентов?

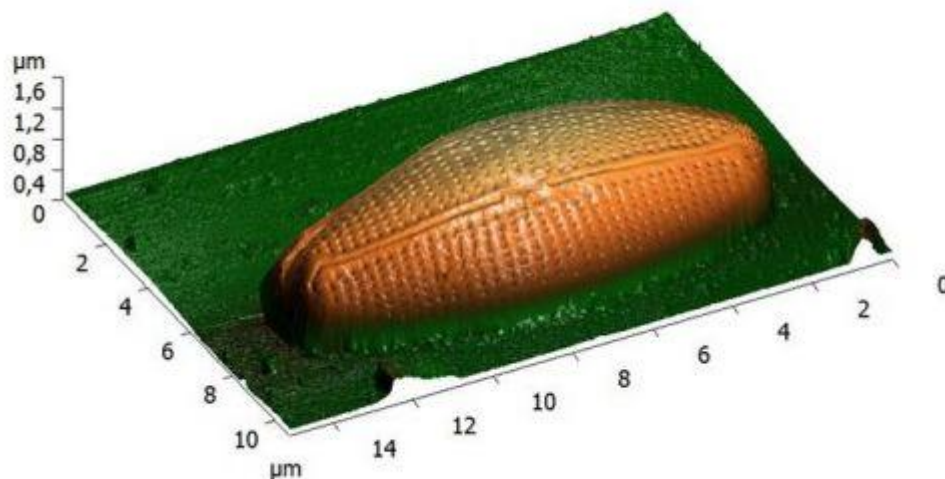


- 1) электровзрыв нанопроволоки
 - 2) сверхкритическая сушка
 - 3) золь - гель метод
 - 4) пиролиз аэрозолей
 - 5) сжигание нанокристаллического кремния
 - 6) рентгеновская литография
 - 7) dip-реп литография
 - 8) "мягкая" литография
 - 9) самосборка наночастиц аэросила
4. Как эта структура ("ковер Серпинского"), скорее всего, была получена на кремнии?



- 1) ионной имплантацией

- 2) ионным травлением
 - 3) блоксополимерной литографией
 - 4) MO CVD
 - 5) струйной 3D - микропечатью
 - 6) электростатической самосборкой сверхрешетки
 - 7) анодированием поверхности
5. Что здесь может быть изображено?



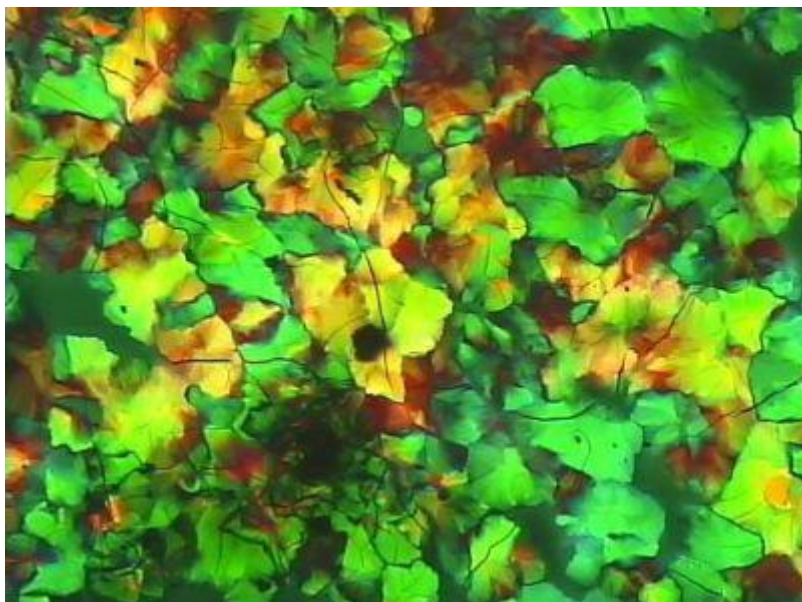
- 1) вирус гриппа
- 2) улитка
- 3) клетка лука
- 4) вирус табачной мозаики
- 5) наночастица золота
- 6) планктон
- 7) мезопористый диоксид кремния
- 8) сверхрешетка магнитных наночастиц оксида железа (III)
- 9) фотонный кристалл

IX. Функциональные наноматериалы

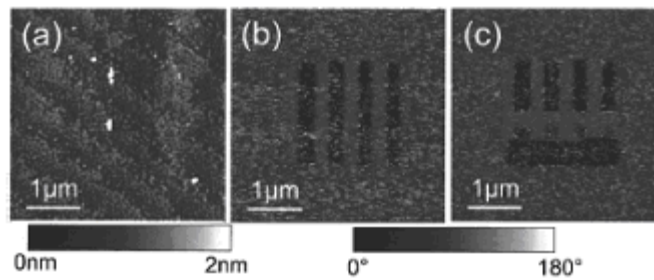
Научно - исследовательские работы студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады. Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Методы получения, структура и свойства магнитных наноматериалов и функциональных нанокомпозитов
- Методы получения, структура и свойства углеродных наноматериалов и функциональных нанокомпозитов
- Методы получения, структура и свойства каталитически активных наноматериалов и функциональных нанокомпозитов
- Методы получения, структура и свойства наноматериалов и функциональных нанокомпозитов с практически важными оптическими свойствами
- Методы получения, структура и свойства наноматериалов и функциональных нанокомпозитов с практически важными электрическими свойствами
- Методы получения, структура и свойства материалов наноионики
- Методы получения, структура и свойства материалов наноплазмоники и нанофотоники
- Методы получения, структура и свойства сверхрешеток и гетероструктур

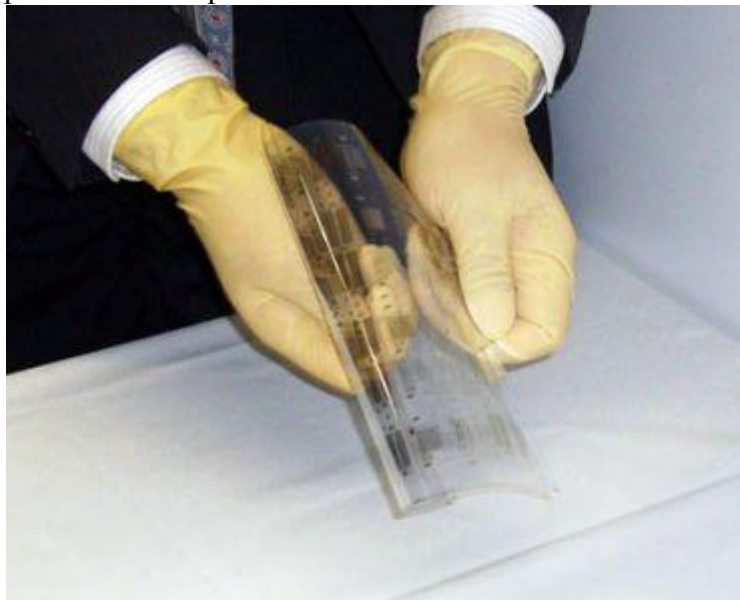
- Методы получения, структура и свойства наноматериалов для химических источников тока и топливных элементов
 - Методы получения, структура и свойства сенсорных наноматериалов
 - Методы получения, структура и свойства мембранных материалов и нанокомпозитов
 - Методы получения, структура и свойства гибридных органо - неорганических и неоргано - органических материалов и нанокомпозитов
 - Методы получения, структура и свойства материалов с "наноклеточной", нано- и микропористой структурой, молекулярных сит и сорбентов
 - Методы получения, структура и свойства наноструктурированных функциональных материалов
 - Разработка новых методов получения наноматериалов
 - Методы получения, структура и свойства метаматериалов
 - Моделирование структуры и свойств наноматериалов
 - Метрология наноматериалов
1. К какому из перечисленных ниже типов материалов могут относиться жидкие кристаллы?



- 1) керамика
 - 2) композиты
 - 3) монокристаллы
 - 4) полимеры
 - 5) гибридные материалы
 - 6) ситаллы
 - 7) керметы
 - 8) аэрогели
 - 9) вискеры
2. Какой из перечисленных ниже материалов способен формировать двойниковую структуру при воздействии магнитного поля?



- 1) Fe_3O_4
 - 2) альфа - Fe
 - 3) BiFeO_3
 - 4) Bi_2O_3
 - 5) Fe_2O_3
 - 6) суперпарамагнитные частицы Fe_2O_3
 - 7) вюстит
3. Какой из перечисленных ниже металлов чаще всего используется при получении наноструктурированных материалов с использованием "мягкой литографии"?



- 1) Li
 - 2) Fe
 - 3) Os
 - 4) Be
 - 5) Au
 - 6) Mn
 - 7) Tc
 - 8) Pt
 - 9) Ru
 - 10) Zn
4. Какой из реактивов лучше всего использовать для "вскрытия" концов углеродных нанотрубок?

1 D



- 1) HCl
- 2) C₂H₅OH
- 3) H₂O
- 4) Se
- 5) NH₄Cl
- 6) HfO₂
- 7) HJ
- 8) HNO₃
- 9) HBr

5. Какие из перечисленных ниже реактивов могут быть использованы для надежной гидрофилизации поверхности квантовых точек теллурида кадмия?



- 1) меркаптоуксусная кислота
- 2) аммиак
- 3) хлороводородная кислота
- 4) олеиновая кислота
- 5) азотная кислота
- 6) гидроксилламин
- 7) плавиковая кислота
- 8) сероводородная кислота

9) меркаптан

10) глицерин

Х. Образование в сфере нанотехнологий

Процесс создания современных и эффективных концепций образовательной деятельности в области нанотехнологий, а также соответствующих учебно-методических пособий, дидактических материалов и учебных планов может оказаться на практике чрезвычайно сложным и не вполне однозначным в случае общего и среднего профессионального образования. В связи с этим настоящий конкурс преследует цель обмена мнениями и отбора лучших идей в области преподавания нанотехнологии в общеобразовательных учреждениях и учреждениях среднего профессионального образования.

Участникам предлагается разработать детальный план или предложить готовую учебно-методическую разработку, набор дидактических материалов (в рамках дисциплин естественнонаучного цикла), предназначенные для дополнительного (элективного, факультативного, кружкового) образования детей. Учебно-методические разработки могут быть нацелены:

- на интегрирование сведений о нанотехнологиях в общеобразовательные или углубленные школьные курсы дисциплин естественнонаучного цикла,
- на использование в рамках дополнительного образования школьников,
- на развитие проектной деятельности школьников,
- на рассмотрение преимуществ и рисков междисциплинарного образования на примере образования в сфере нанотехнологий,

1. Какой из приказов Министерства образования и науки утвердил изменение сроков и порядка проведения олимпиад школьников на 2010 - 2011 г.?



1) 285

2) 255

3) 92

4) 371

5) 1006

6) 1162

7) все осталось, как в прошлом году

2. Какой сайт у Лиги Школ РОСНАНО?



- 1) <http://schoolnano.ru>
 - 2) <http://nanoschool-edu.ulsu.ru>
 - 3) www.nanometr.ru
 - 4) www.nanonewsnet.ru
 - 5) <http://kbogdanov1.narod.ru/>
 - 6) <http://www.nanoopen.ru/>
 - 7) <http://popular.rusnano.com/>
 - 8) <http://ntsr.info/>
 - 9) <http://nano.msu.ru/node/152>
 - 10) <http://www.intel.festivalnauki.ru/>
3. Кто является Председателем Оргкомитета V Всероссийской Интернет - олимпиады по нанотехнологиям?



- 1) академик В.А.Садовничий
 - 2) академик Ю.Д.Третьяков
 - 3) академик Ж.И.Алферов
 - 4) генеральный директор РОСНАНО А.Б.Чубайс
 - 5) Президент РФ Дмитрий Медведев
4. На каком сайте после завершения очного тура олимпиады победители и призеры среди школьников могут получить электронные дипломы, дающие абитуриентам льготы при поступлении в ВУЗы?



- 1) <http://rosolymp.ru>
 - 2) www.nanometer.ru
 - 3) <http://www.rsr-olymp.ru>
 - 4) <http://ege2010.mioo.ru>
 - 5) <http://mon.gov.ru/>
5. По какому комплексу предметов проводится для школьников V Всероссийская Интернет - олимпиада "Нанотехнологии - прорыв в будущее"?



- 1) проектная деятельность школьников
- 2) олимпиада является частью олимпиады "Ломоносов"
- 3) олимпиада является частью олимпиады "Юниор"
- 4) химия, физика
- 5) физика, математика
- 6) математика, биология
- 7) химия, математика, физика
- 8) химия, биология, физика
- 9) химия, физика, математика, биология

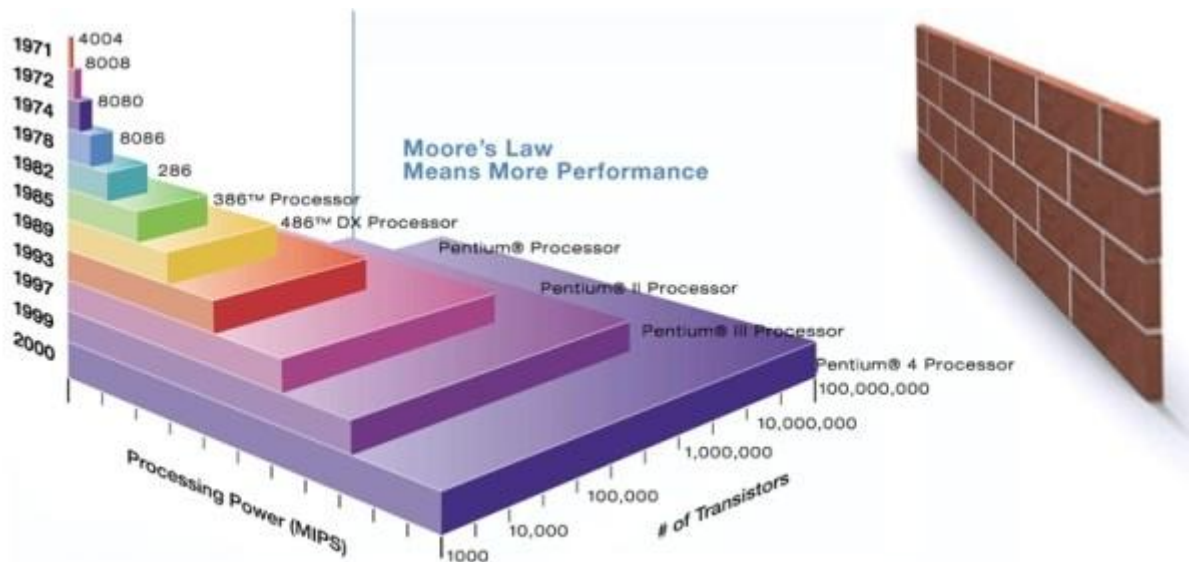
XI. Социальные аспекты нанотехнологий

Проектные работы школьников, научно - исследовательские и публицистические работы студентов, аспирантов, молодых ученых, учителей и других участников Олимпиады. Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

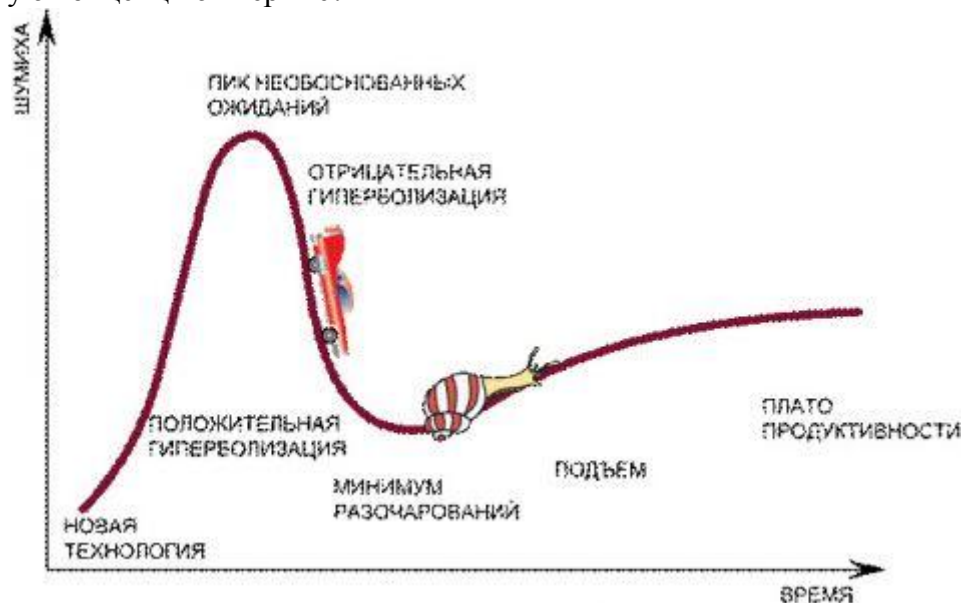
- Влияние нанотехнологий на развитие современного общества
 - Психологический портрет ученого, работающего в области нанотехнологий
 - Социальные и экономические составляющие развития нанотехнологий
 - Юридические риски нанотехнологий
 - Интеллектуальная собственность и инновации
 - Как и кого учить нанотехнологиям
 - Выдуманные и невыдуманные интервью
 - Личное мнение о роли и перспективах развития нанотехнологий
 - Правда и ложь о нанотехнологиях
 - История развития нанотехнологий в мире, в отдельных странах и географических областях
1. Немецкий физикохимик Фридрих Вильгельм Оствальд известен своими выдающимися теориями. Одна из них ("Оствальдовское старение") нашла воплощение в стандартном синтезе одного из перечисленных ниже наноматериалов. Какого именно?



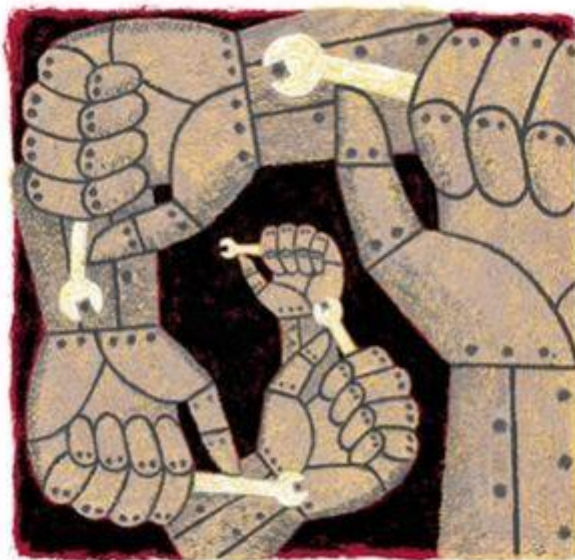
- 1) коллоидных квантовых точек контролируемого размера
 - 2) дендримеров
 - 3) мезопористого диоксида титана
 - 4) анодного диоксида титана
 - 5) углеродных нанотрубок
 - 6) фуллеренов
 - 7) графена
2. 19 апреля 1965 г. директор исследовательского отдела Fairchild Semiconductor Гордон Мур (ставший в 1968 г. со-основателем фирмы Intel) опубликовал в юбилейном выпуске журнала "Electronics" статью "Втискивая ещё больше компонентов на интегральные схемы", посвящённую прогрессу микроэлектроники за эти годы. Один из тезисов этой работы, позже названный "законом Мура", состоял в следующем: наиболее выгодное число транзисторов на одном кристалле удваивается каждый год. Что, в основном, ставит пределы подобному развитию кремниевой электроники и требует иных, "нанoeлектронных", принципов прогресса в отрасли?



- 1) дороговизна рентгеновской литографии
 - 2) туннельные и квантовые эффекты на наноуровне
 - 3) высокая реакционная способность дисперсных кремниевых структур
 - 4) отсутствие современных материалов для литографии высокого разрешения
 - 5) малая производительность литографического процесса
 - 6) высокий перегрев процессоров с малым размером составляющих элементов
3. Структура научных революций очень похожа и "нанотехнологическая революция" исключением, видимо, не станет. Кто из представленных ниже предложил подобную концепцию впервые?



- 1) А.Б.Чубайс
 - 2) В.В.Путин
 - 3) Ж.И.Алферов
 - 4) Т.Кун
 - 5) Э.Дрекслер
 - 6) Р.Фейнман
 - 7) Аристотель
 - 8) Сократ
4. Какой из важных принципов получения наноматериалов изображен на картинке?



- 1) взаимодополнения
 - 2) рекурсивности
 - 3) самосборки
 - 4) минимума эксергии
 - 5) максимума энтропии
 - 6) безотходности технологии
5. На картинке изображен фрагмент фантастического фильма, в котором взбесившиеся (боевые) нанороботы пожирают Эйфелеву башню. Какой из известных "нанотехнологических" фильмов имеется в виду (фантастических, разумеется)?



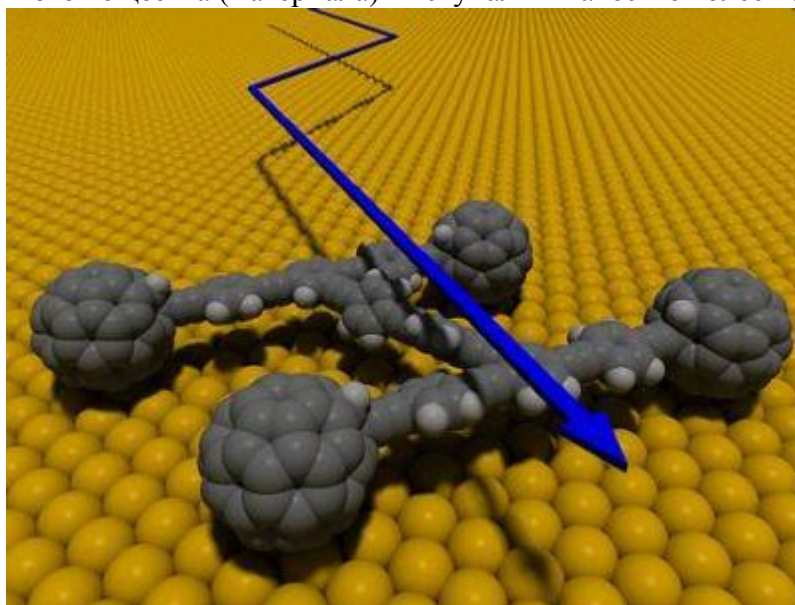
- 1) "Черная молния"
- 2) "Бросок кобры"
- 3) "Я - робот"
- 4) "Шестой день"
- 5) "Звездные врата" (сериал)
- 6) "Терминатор"

ХII. Наноматериалы для инженеров

Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Нанороботы для передвижения и транспортировки (модели)
- Упрочнение материалов за счет наноструктурирования (модели)

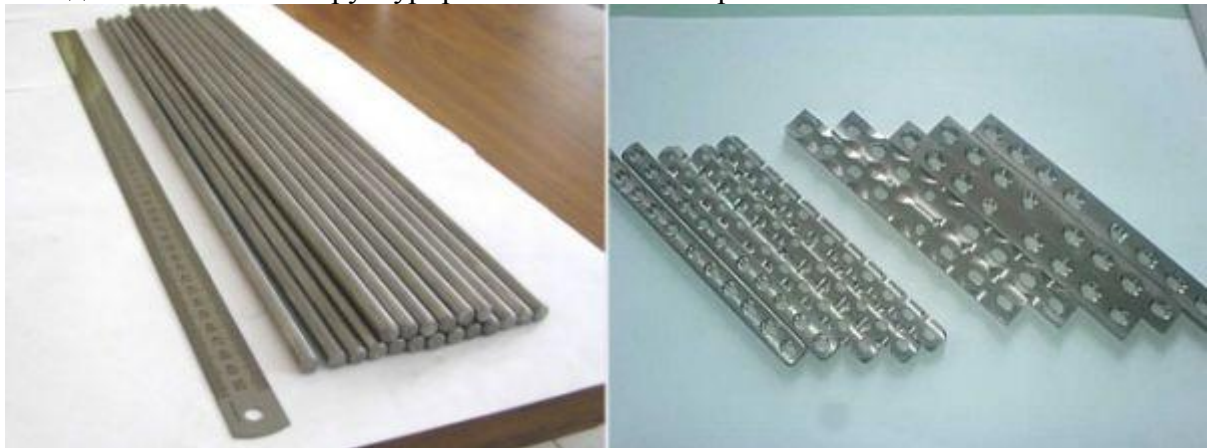
- Анализ механических характеристик наноматериалов или материалов на наноуровне
 - Строительные наноматериалы
 - Металлические наноматериалы
 - Полимеры и наноматериалы
 - Нанокompозитные конструкционные наноматериалы
 - Конструкционные углеродные наноматериалы
1. В Университете Райса (США) профессором Джеймсом Туром и его коллегами были (в буквальном смысле слова) синтезированы наномашинки. Производные какого известного вещества (материала) выступали в качестве колес наномашинки?



- 1) катенана
 - 2) ротоксана
 - 3) кубана
 - 4) сфалерита
 - 5) бакибола
 - 6) сферолита
2. Космический лифт – фантастическое изобретение, которое все еще пытаются в реальности сделать инженеры. Из какого материала лучше всего пытаться изготовить прочный трос космического лифта?



- 1) полиамидное волокно
 - 2) углеродное волокно
 - 3) многостенные углеродные нанотрубки
 - 4) одностенные углеродные нанотрубки
 - 5) фуллерены
 - 6) графен
 - 7) графит
 - 8) полиацетилен
 - 9) карбин
3. Наноструктурированные титановые сплавы - основа прочного корпуса боевых подводных лодок и других очень прочных деталей, часть этого материала идет в медицину для создания деталей, скрепляющих нарушенные части скелета. За счет чего добиваются наноструктурирования в этом материале?



- 1) за счет склеивания предварительно полученных наночастиц титана
 - 2) путем переплавки наночастиц
 - 3) путем напыления наночастиц диоксида титана с последующим восстановлением водородом
 - 4) при специальной деформации материала
 - 5) при введении в титан примесей углерода по аналогии со сталями
 - 6) при воздействии микроволнового излучения
 - 7) при разрушении крупных зерен металла жестким излучением
4. Волокна являются важным примером конструкционных материалов, поскольку позволяют, например, получать очень прочные композитные материалы (состоящие из нескольких разных веществ). Из каких волокон могут состоять корпуса дорогих гоночных автомобилей?



- 1) золотых нанопроволок
- 2) стальных нитей

- 3) шелковых нитей
 - 4) углеродных волокон
 - 5) кремниевых вискероов
 - 6) волокон карбида кремния
 - 7) нанотрубок диоксида титана
 - 8) усов особо чистого железа
5. Диатомовые водоросли – скелеты ("панцири") причудливой формы, которые при отмирании водорослей формируют большие массивы осадочных пород, используемых в строительстве и других отраслях промышленности. Какой примерно состав этих "скелетов"?



- 1) гидроксиапатит (фосфаты)
- 2) углерод
- 3) карбонат стронция
- 4) сульфат кальция
- 5) гуминовые вещества
- 6) нитрид бора
- 7) оксид бора
- 8) диоксид кремния
- 9) оксиды железа
- 10) гидроксид алюминия

ХIII. Материалы настоящего и будущего

Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Наноматериалы в быту
 - Наноматериалы электроники
 - Наноматериалы для записи и хранения информации
 - Магнитные наноматериалы
 - Каталитически активные наноматериалы
 - Наноматериалы для медицины
 - Поверхностно - активные вещества и жидкие кристаллы
 - Нанокompозиты
 - Моделирование свойств и строения наноматериалов
1. На этом небольшом кусочке кремния показана "гравюра" генерального директора РОСНАНО А.Б.Чубайса, полученная с помощью специального электронного

микроскопа, оснащенного сфокусированным ионным пучком. Чем может быть (скорее всего) "выложено" изображение?

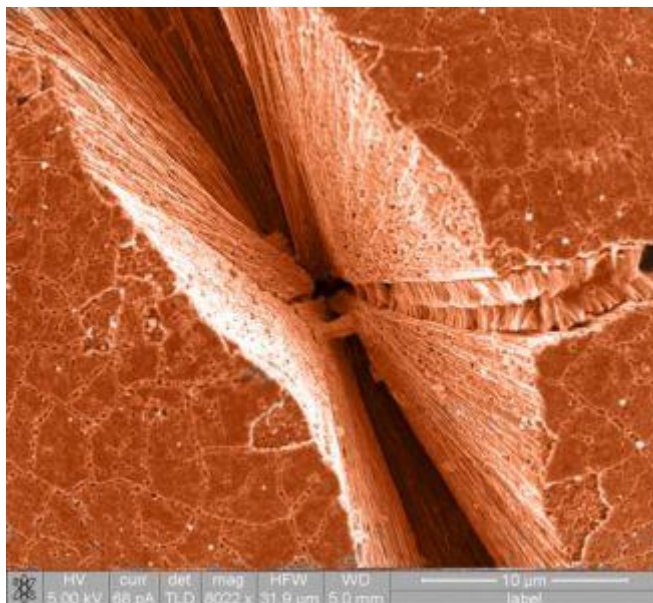


- 1) электронами
 - 2) молекулами кислорода
 - 3) ионами ксенона
 - 4) атомами водорода
 - 5) ДНК
 - 6) атомами золота
 - 7) это картинка, сгенерированная на компьютере
 - 8) это поверхность с вытравленными поверхностными атомами
2. Крыло бабочки под микроскопом - изумительное сооружение! К строению какого из ниже перечисленных материалов наиболее близка по структуре поверхность этого природного образца?



- 1) фотонные кристаллы
- 2) углеродные нанотрубки
- 3) наночастицы золота
- 4) электронная микросхема
- 5) полимеры с эффектом лотоса
- 6) наноклеточные термоэлектрики

3. На фотографии изображен наноструктурированный материал, проявляющий следующие свойства: широкозонный полупроводник, не растворяется в воде и большинстве кислот и щелочей, нетоксичен. Какой из вариантов, перечисленных ниже, подходит?

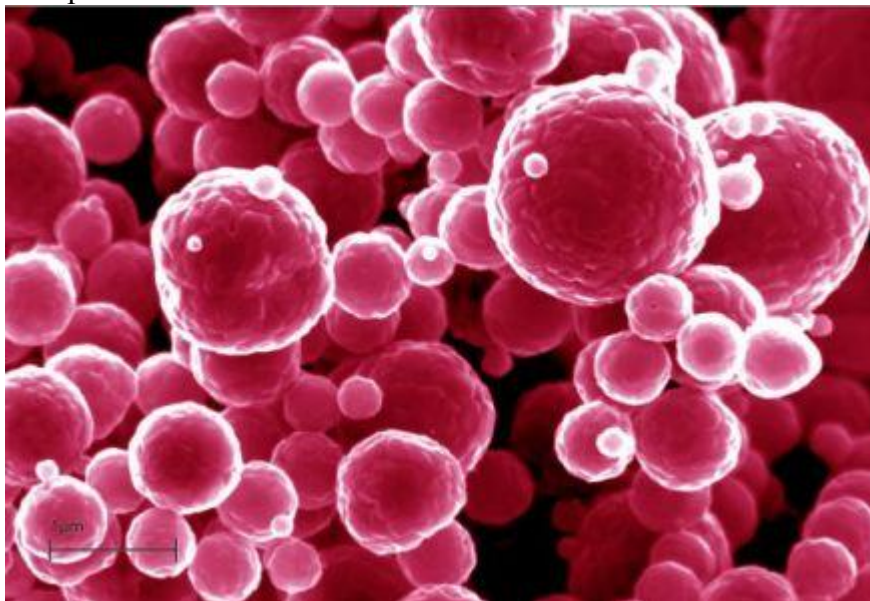


- 1) селен
 - 2) серебро
 - 3) хлорид натрия
 - 4) кремний
 - 5) германий
 - 6) кварцевый песок
 - 7) диоксид титана
 - 8) теллурид кадмия
 - 9) оксид меди (I)
4. Изменение какого параметра требуется от "умной" магнитной жидкости, чтобы она могла практически применяться в качестве магнитоуправляемой среды?



- 1) теплопроводности
- 2) электропроводности
- 3) оптической прозрачности
- 4) вязкости

- 5) отсутствие токсичности
 - 6) твердости
 - 7) сверхтекучести
5. С помощью какого метода синтеза была получена эта "наномалина", содержащая суперпарамагнитные наночастицы оксида железа в оболочке пустотелых шариков из хлорида натрия?



- 1) гидротермальная обработка
- 2) помол, механоактивация
- 3) осаждение из паровой фазы
- 4) метод Ленгмюра - Блоджетт
- 5) золь - гель технология
- 6) пиролиз аэрозолей

XIV. Физика и нанотехнологии

Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Особые физические свойства нанобъектов
 - Размерный эффект и его проявления
 - Компьютерное моделирование физических явлений в наномире
 - Простые прототипы устройств, использующих особые свойства нанобъектов
 - Измерение и анализ физических свойств нанобъектов
1. Закон Ома известен всем, но в наномире он легко может не выполняться. И с чего ему выполняться, если подумать? Например, если долго растягивать золото в виде прутка и получить в итоге золотую нанопроволоку, то зависимость тока и напряжения будет... ступенчатой. С чем это связано?



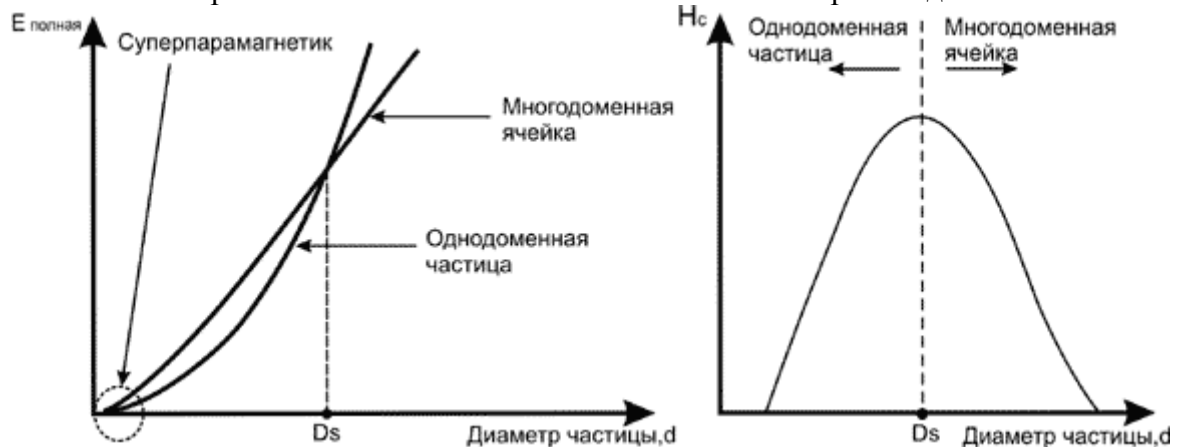
Jmol

- 1) с флуктуациями кристаллической решетки золота в виде нанопроволоки
- 2) с локальным перегревом нанопроволоки в момент пропускания тока

- 3) с рассеянием электронов ионами кристаллической решетки золота
 - 4) с одноэлектронным переносом
 - 5) с пространственным туннелированием носителей заряда
 - 6) с квантованием спина электрона
2. Квантовые точки светятся (люминесцируют) при облучении, например, для этого используют их возбуждение ультрафиолетовым светом. Цвет свечения при этом зависит от размера квантовых точек (типичное проявление размерного фактора). Почему это происходит?

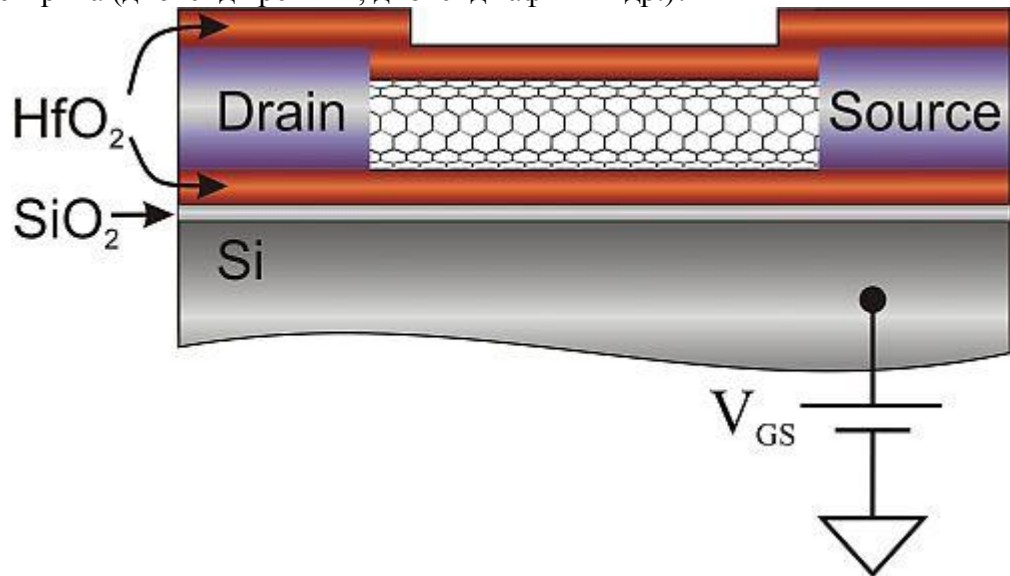


- 1) состав квантовых точек в процессе синтеза существенно изменяется в зависимости от стадии их роста (размера)
 - 2) при изменении размера изменяется количество фотонов, которые могут поглотить квантовые точки и испустить "цугом"
 - 3) при изменении размера изменяется вероятность попасть в квантовую точку возбуждающим ее фотоном
 - 4) размер изменяет положение энергетических уровней в квантовой точке
 - 5) квантовые точки большего размера содержат больше дислокаций
 - 6) квантовые точки меньшего размера имеют более разупорядоченную кристаллическую решетку
3. Практическое применение магнитных наночастиц весьма обширно. Например, многие оксидные наночастицы могут разогреваться в суперпарамагнитном состоянии в переменном магнитном поле. За счет чего это происходит?

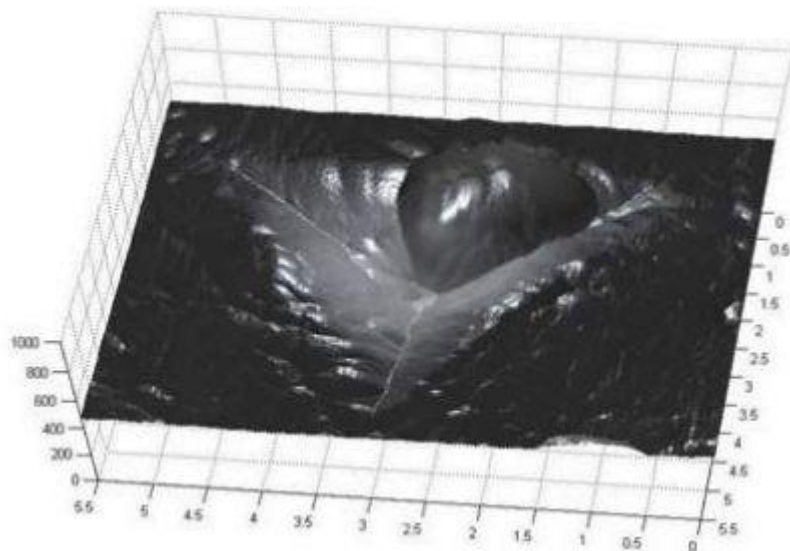


- 1) за счет наведенных магнитных монополей
 - 2) за счет наведенных электрических зарядов
 - 3) за счет токов Фуко
 - 4) за счет энергетических потерь на петлю магнитного гистерезиса
 - 5) за счет механической деформации при магнитострикции
 - 6) за счет вязкого трения
4. В показанной схеме нанотранзистора углеродная нанотрубка является тем (полу)проводником, через который течет ток от "истока" к "стоку", это сигнал, который модулируется за счет напряжения на затворе. Но вот не совсем понятно -

зачем между этими важнейшими частями транзистора находится тонкая прослойка диэлектрика (диоксид кремния, диоксид гафния и др.)?



- 1) изолятор необходим, чтобы избежать электрического пробоя
 - 2) через диэлектрик в нанотрубку туннелируют носители заряда
 - 3) оксидная прослойка необходима для лучшей адгезии контактов и нанотрубки
 - 4) диоксид кремния поляризуется в электрическом поле и создает дополнительный заряд вблизи нанотрубки
 - 5) диэлектрическая прослойка не нужна, это побочный эффект технологического процесса
5. Твердость веществ на микро / наноуровне определяют наноиндентором, который оставляет в веществе "кратер" определенного размера, зависящего от вещества и режима измерений, что и позволяет оценить механические характеристики исследуемого вещества. Какой прибор (принцип) обычно используется для наноиндентирования?



- 1) электронный микроскоп
- 2) оптический пинцет
- 3) наносприц
- 4) воздействие сфокусированным ионным пучком
- 5) воздействие сфокусированным рентгеновским излучением

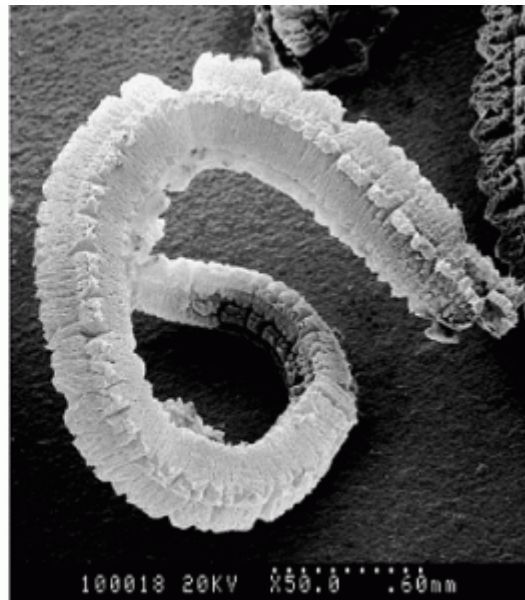
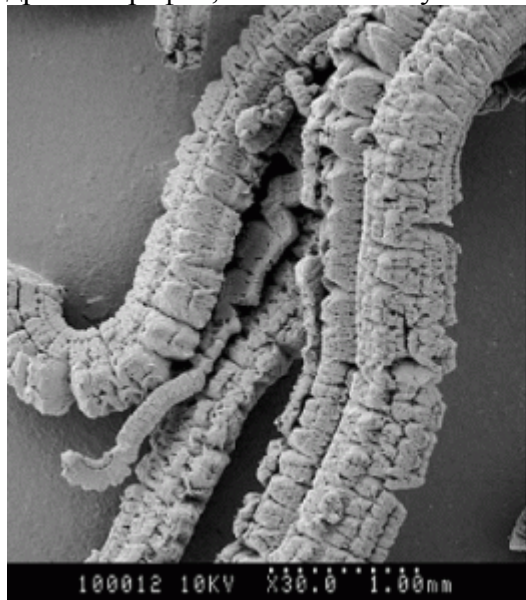
- б) сканирующий зондовый микроскоп
- 7) бомбардировка поверхности микро и наночастицами определенной кинетической энергии

XV. Углерод углероду рознь

Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

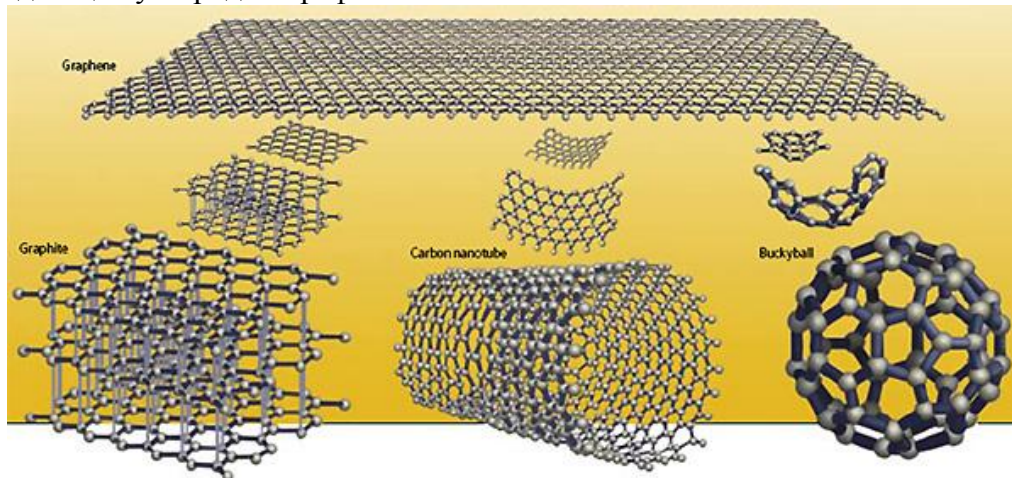
- Получение, свойства и применение углеродных нанотрубок
- Получение, свойства и применение графена
- Получение, свойства и применение фуллеренов и фуллеритов
- Получение, свойства и применение наноалмазов
- Получение, свойства и применение углеродных волокон
- Получение, свойства и применение стеклоуглерода
- Получение, свойства и применение карбина
- Соединения внедрения и применение графита
- Необычные композитные материалы на основе углерода
- Наноуглеродные материалы для медицины
- Наноуглеродные материалы для электроники
- Наноуглеродные материалы для сенсорики
- Наноуглеродные материалы и СЗМ
- Наноуглеродные материалы для генерации энергии
- Наноуглеродные материалы для оптики

1. Графит имеет слоистое строение с прочными ковалентными связями в слоях и существенно менее прочными ("металлическими") связями между слоями, что придает графиту свойства мягкости, возможность внедрить между слоями различные молекулы и ионы (так называемые "соединения внедрения в графит", СВГ), расщепить его механически на графеновые листы, как сделали недавние лауреаты Нобелевской премии А.Гейм и К.Новоселов. Здесь показан вспененный графит, полученный внесением в нагретую печь некоторого СВГ. Что нужно было внедрить в графит, чтобы так получилось?

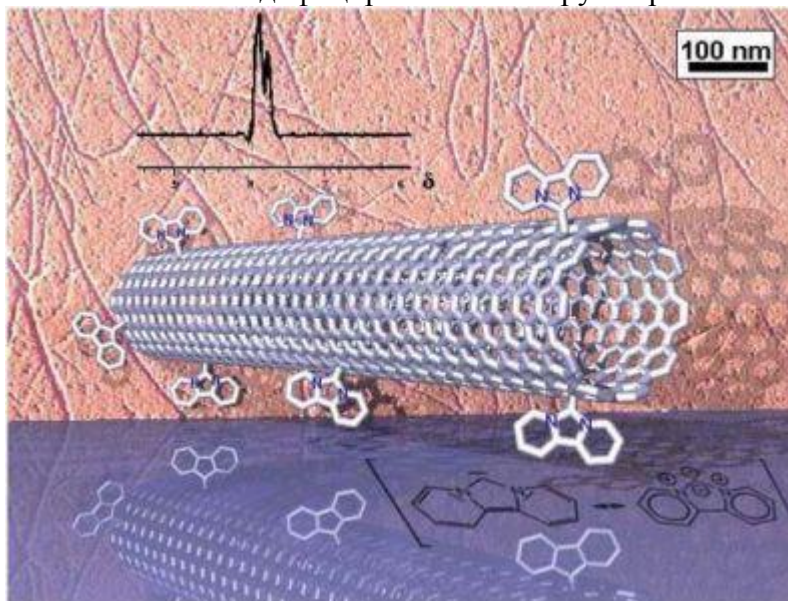


- 1) плавиковую кислоту
- 2) уксусную кислоту
- 3) азотную кислоту
- 4) воду
- 5) пероксид водорода
- б) озон

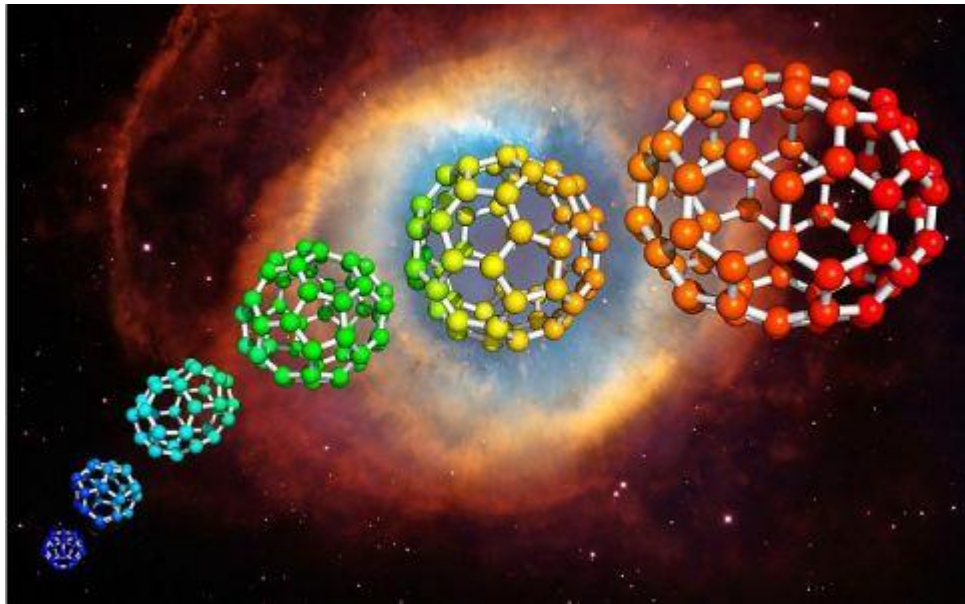
- 7) металлический калий
- 8) молекулярный йод
2. Графен – монослой углерода, похожий на то, что присутствует в графите. Какова гибридизация углерода в графене?



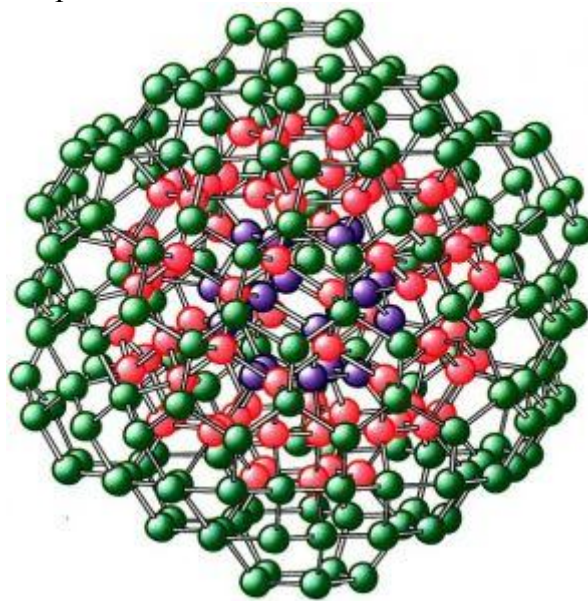
- 1) sp
- 2) sp^2
- 3) sp^3
- 4) d^2sp^3
- 5) нет никакой гибридизации
3. Одностенная углеродная нанотрубка - свернутый в трубку графеновый слой. Для чего применяют химическое модифицирование нанотрубок различными группами?



- 1) для изменения электрической проводимости
- 2) для изменения гидрофильности / гидрофобности
- 3) для сопряжения с различными полимерными матрицами в нанокompозитах
- 4) для изменения оптических свойств
- 5) для всего вышперечисленного
- 6) ни для чего не применяется
4. Каких углеродных циклов не найдешь в фуллеренах?



- 1) 4
 - 2) 5
 - 3) 6
 - 4) все они присутствуют
5. Почему у наноалмаза строение отличается от обычного алмаза?



- 1) из - за того, что в наноалмазе изменяется валентность углерода
- 2) из - за того, что в наноалмазе нет протяженных и точечных дефектов
- 3) потому что это способ компенсировать существенное увеличение "поверхностных" атомов
- 4) из - за наличия в наноалмазе большого количества точечных дефектов
- 5) из - за наличия в наноалмазе дисклиний

XVI. Энергия везде и ото всюду

Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Экзотические способы получения энергии с использованием нанотехнологий
- Солнечная энергетика и наноматериалы для нее
- Ядерная энергетика и материалы для нее

- Водородная энергетика, наноматериалы для получения, хранения и транспортировки водорода
 - Устройство и новые материалы для топливных элементов
 - Химические источники тока
 - Биоэлектричество и биотопливо, каталитические процессы и системы
 - Мембранные технологии для альтернативной энергетики
 - Гидротермальная энергетика и материалы для нее
 - Гидро- и ветроэнергетика и материалы для них
1. Ядерная энергетика является одной из самых развитых отраслей в нашей стране. Что является источником - первопричиной ее существования?

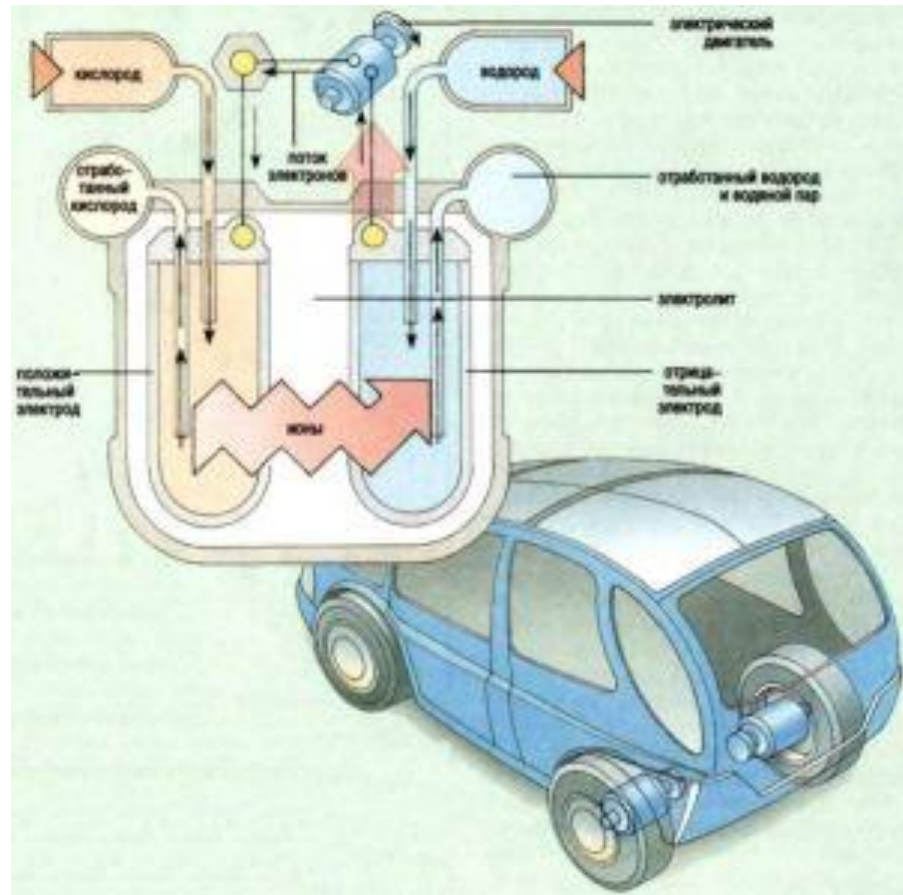


- 1) нестабильность вещества в нанокристаллическом состоянии
 - 2) нестабильность электронных оболочек атомов
 - 3) нестабильность ядерных оболочек атома
 - 4) нестабильность нейтронов
 - 5) нестабильность протонов
 - 6) корпускулярно - волновой дуализм электрона
 - 7) нестабильность ионной связи с участием тяжелых атомов
2. В фильме - кошмаре "Матрица" восставшие машины использовали людей... в качестве батарейки. А какое вещество является универсальным "топливом" в организме человека?

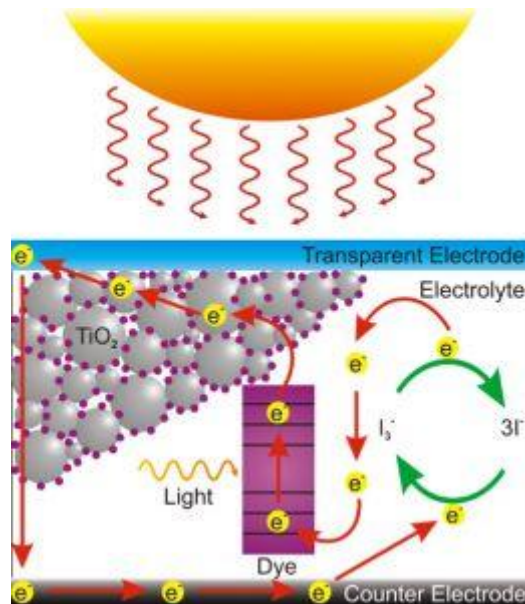


- 1) серотонин
- 2) ферменты
- 3) гормоны
- 4) РНК

- 5) ДНК
 - 6) АТФ
 - 7) белки
3. Почему при создании низкотемпературных топливных элементов на водороде пока что никак не могут найти подходящую альтернативу нанокристаллической платине?



- 1) она инертна и из нее делают тоководы
 - 2) она эффективно работает в качестве электрокатализатора
 - 3) она эффективно окисляет вредные для водорода примеси серы
 - 4) она имеет очень высокую жесткость и температуру плавления
 - 5) она просто больше ни для чего и не нужна (только сережки и урны делать)
 - 6) платина единственная не реагирует при таких температурах с полимерной мембраной
 - 7) платина эффективно атомизирует молекулярный кислород через образование нестабильных оксидов
4. Одним из классических солнечных элементов является схема Майкла Гретцеля, использующая диоксид титана, как широкозонный проводник, прозрачные проводящие электроды, электролит, содержащий иодид - ионы. Что еще следует использовать, чтобы схема работала так, как ее задумал Гретцель?



- 1) спирт
 - 2) сок черники
 - 3) перекись водорода
 - 4) азотная кислота
 - 5) нафталин
 - 6) наночастицы золота
 - 7) наночастицы серебра
 - 8) титановые белила
5. Вулкан Эйяфьятлайокудль в Исландии совсем недавно показал, что гидротермальная энергетика - это хорошо, а неожиданные извержения - плохо. Какое из последствий извержения доставило Европе наибольшие неприятности?



- 1) лава
- 2) землетрясение
- 3) шум и грохот
- 4) вулканические бомбы
- 5) вулканический пепел и пыль, содержащая наночастицы
- 6) нагрев грунтовых вод
- 7) возмущения электромагнитного поля Земли
- 8) цунами

XVII. Встал утром - убери свою планету

Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Новые методы получения полезных веществ и наноматериалов с использованием природных веществ и любых живых организмов
 - Принципы и устройства очистки планеты Земля от промышленных, радиоактивных, сельскохозяйственных, биологических и других загрязнений (включая сорбенты, фотокатализаторы, коагулянты, физические, химические воздействия и так далее)
 - Методы и результаты анализа загрязнений в окружающей среде (обычно такие работы составляют основную часть проектов школьников, но если в них при этом нет оригинальных подходов и интересных выводов, то вряд ли обычный, рутинный анализ будет оценен высоко - нужен творческий подход к проблеме)
 - Использование новых подходов, синтез и применение новых материалов для (нано)медицины, протезирования, медицинской диагностики, лечения онкологических и других заболеваний
 - Использование наноматериалов для борьбы с болезнетворными (вредными) грибами, бактериями, вирусами и т.д.
1. На этой картинке Маленький Принц защищает специальным колпаком, видимо, из "умного стекла", свой нежный и хрупкий цветок. А какие вещества применяются в умных фотохромных материалах, например, в очках - хамелеонах, изменяющих свою прозрачность (то есть темнеющих) на ярком солнечном свету?



- 1) используются умные нанороботы
 - 2) используются галогениды серебра
 - 3) используются цианиды золота
 - 4) используются полимерные пленки с эффектом лотоса
 - 5) используются стекла с изменяющейся кристаллической структурой
 - 6) используется пленка прозрачного пьезоэлектрика
 - 7) используется фоторазлагаемый органический краситель
 - 8) очки - хамелеоны не существуют
2. Огромные баобабы имеют некоторое отношение к нанотехнологиям (из принципа, что к ним почти все имеет хоть какое - то отношение, если оптимистично к этому относиться). Они, как и другие деревья, являются богатым источником целлюлозы, которая идет не только на производство бумаги, фильтрующих сред, но и на получение различных химически модифицированных полисахаридов, которые, в свою очередь, могут использоваться как биосовместимые оболочки для

наночастиц, применение которых предполагается в медицине. Найдите близких родственников целлюлозы среди перечисленных ниже веществ.



- 1) крахмал
 - 2) хитозан
 - 3) амилаза
 - 4) целлофан
 - 5) целлулоид
 - 6) ксилит
 - 7) сорбит
 - 8) сахарин
 - 9) ксилоза
3. Молнии бьют в землю и при этом... гроза очищает воздух, (одновременно производя химически связанный азот). Как Вы думаете, с какими наноматериалами, перечисленными ниже, наиболее активно будет реагировать получающийся при разряде молнии озон (то есть химически изменять эти материалы)?

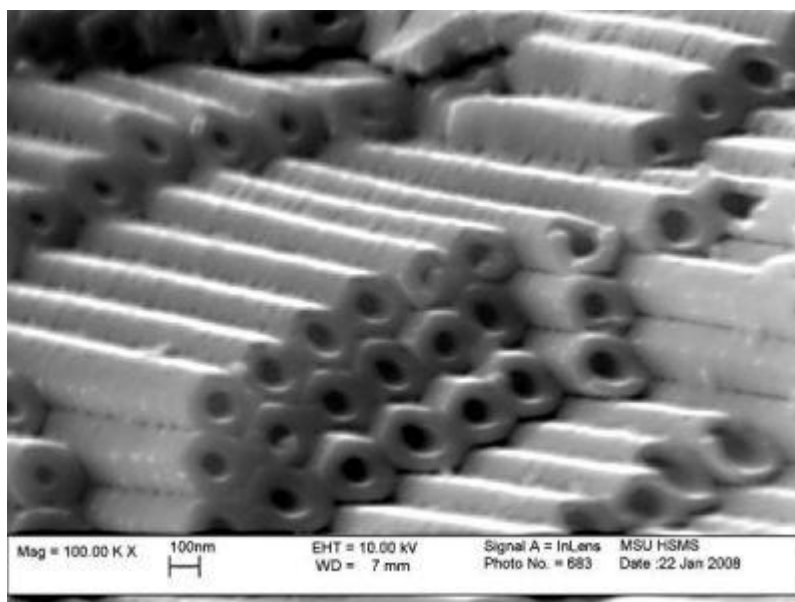


- 1) наночастицы золота
- 2) углеродные нанотрубки
- 3) мезопористый диоксид кремния

- 4) пористый анодный оксид алюминия
 - 5) нанотрубки диоксида титана
 - 6) наноленты оксида ванадия (V)
 - 7) перфторан (голубая кровь)
4. Любят говорить, что нанороботы произведут революцию в наномедицине, однако их никто еще не создал и, видимо, этого никогда и не произойдет по вполне объективным причинам. Тем не менее, природа сама сделала некоторое подобие "бионанороботов", правда, с весьма ограниченными функциями и полным отсутствием интеллекта, и их уже пытаются использовать в медицинских целях. Что это такое (выбирайте наиболее подходящий вариант)?



- 1) липосомы
 - 2) лизосомы
 - 3) везикулы
 - 4) вирусы
 - 5) наниты
 - 6) дендримеры
 - 7) митохондрии
 - 8) аксоны
5. Диоксид титана является веществом, которое при облучении солнечным светом может разрушать органические вещества (кстати, он входит и в состав кремов для (от) загара, которые так любят использовать многие девушки), при этом может производиться очистка воды или воздуха от органических загрязнений, могут получаться самоочищающиеся поверхности, бактерицидные покрытия и пр. С чем связано это полезное свойство диоксида титана как фотокатализатора?



- 1) с тем, что он белый и чистый
- 2) с наличием титана - одного из самых прочных металлов
- 3) с наличием ионов кислорода
- 4) с тем, что это широкозонный полупроводник
- 5) с сильными кислотными свойствами (кислотный ангидрид)
- 6) с диффузным рассеянием света при облучении
- 7) с преломлением и микрофокусированием света в частицах диоксида титана
- 8) с наноструктурированием прилежащего к частицам слоя воды

XVIII. Да будет свет!

Основные (примерные) направления конкурса (конкретные темы работ могут отличаться от приводимых ниже):

- Принципы и устройства генерации света - современные источники освещения
 - Оптические устройства отображения и хранения информации
 - Термо-, хемо-, электро- и другие формы люминесценции и фосфоресценции
 - Лазеры и устройства на их основе
 - Фотохромные и электрохромные материалы
 - Фотография, фоточувствительные материалы и обработка изображений
 - Фотохимические реакции
 - Пигменты и красители, светофильтры
 - Квантовые точки и наночастицы с плазмонным резонансом
 - Биологические принципы получения света, влияние света на живые организмы
 - Плазма и ее использование
 - Оптоволокно
 - Нелинейно - оптические материалы
 - Физические явления и их описание (моделирование) - интерференция, дифракция, поглощение, диффузное рассеяние, отражение, преломление света и др.
 - Метаматериалы
1. Все знают, наверное, что такое радуга. Она возникает в брызгах фонтана, водопада или после дождя... А какое физическое явление лежит в основе?

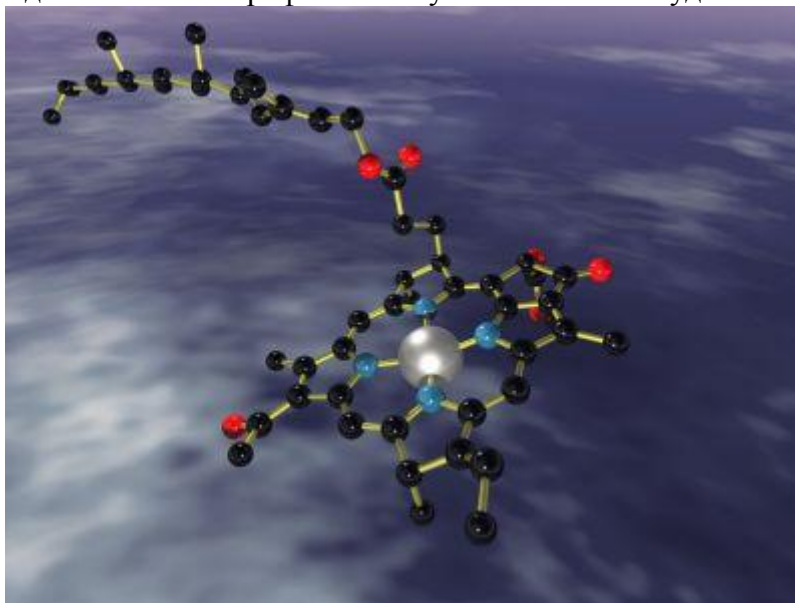


- 1) дифракция света на каплях
 - 2) преломление света
 - 3) двулучепреломление
 - 4) круговой дихроизм
 - 5) поглощение белого света
 - 6) диффузное рассеяние света
 - 7) фотолиз воды
2. На рисунке изображен драгоценный камень опал. Вы видите цветные "всполохи", иризацию. Какие упорядоченные структурные элементы ответственны за возникновение этого явления?



- 1) атомы в кристаллической решетке
- 2) люминесцирующие (светящиеся) примеси
- 3) F - центры (центры окраски)
- 4) микросферы диоксида кремния
- 5) дислокации
- 6) поверхностный заряд и электризация (электреты)
- 7) кластеры вакансий
- 8) присутствие органических пигментов

3. Зеленые растения используют достаточно сложную фотохимическую реакцию связывания углекислого газа и воды, в которой участвует хлорофилл. Какой из элементов входит в состав хлорофилла и обуславливает его чудесные свойства?



- 1) натрий
 - 2) калий
 - 3) марганец
 - 4) железо (II)
 - 5) железо (III)
 - 6) рутений
 - 7) магний
 - 8) литий
 - 9) молибден
 - 10) цинк
4. В каких устройствах, используемых для анализа нанообъектов, применяется лазерный луч?



- 1) оптическая микроскопия в поляризованном свете
- 2) сканирующая зондовая микроскопия
- 3) сканирующая электронная микроскопия
- 4) сканирующая калориметрия

- 5) рентгеновская дифракция
 - 6) термогравиметрический анализ
 - 7) рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия
5. Сейчас широкое распространение получают LED-дисплеи, телевизоры и т.д. Почему светоизлучающие диоды в них светятся?



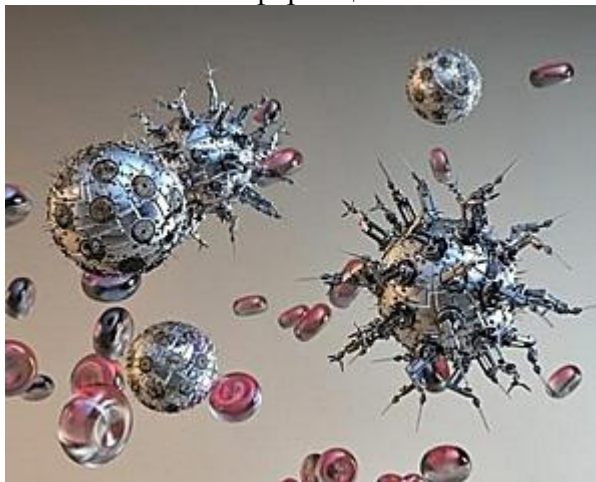
- 1) из - за "аннигиляции" электрона и "дырки"
- 2) из - за локального нагрева
- 3) из - за хемолуминесценции
- 4) из - за испускания электронов в слой фосфора
- 5) из - за генерации низкотемпературной плазмы
- 6) из - за триболюминесценции
- 7) из - за поляризации жидких кристаллов
- 8) из - за катодолуминесценции

XIX. Рассадник идей (deja vu)

Творческие личности всегда были центрами притяжения для других людей, генераторами идей, признанными и непризнанными гениями, сумасшедшими, пытавшимися перевернуть мир вверх тормашками (и, к счастью, в ряде случаев это им удалось делать во имя всеобщего блага). В этом конкурсе мы вспоминаем лучшие идеи творческих состязаний пяти прошлых лет и предлагаем подавать самые разные творческие работы в коротком формате (краткость - сестра таланта!). Конечно, обязательное условие состоит в том, чтобы в свободной и удобной участнику форме обсуждались или обыгрывались те или иные стороны многогранного мира "нано". Перед подачей работы можете посмотреть лекции.

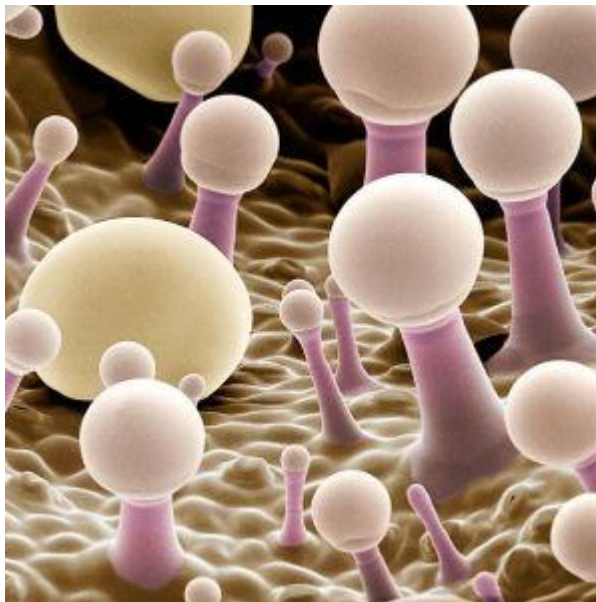
- *Оригинальные художества* (рисунки и компьютерная графика с описанием)
- *Красивые эссе и истории* (включая иллюстрированные сказки, философские притчи и "байки" из жизни, кроме неинтересных анекдотов, можно в поэтической форме, полностью или частично)
- *Игры разума* (красивые идеи задач или даже готовые, придуманные участником, задачи с решениями)
- *Игры, головоломки, парадоксы* (включая кроссворды, анаграммы, тексты со скрытым смыслом и пр.)
- *Фокусы и демонстрации* (иллюстрированное описание демонстрационных экспериментов)
- *Лженаука и демагогия* (... а также вранье и реклама - реальные наблюдения, сделанные в Интернете, в СМИ и печатных изданиях)

- *Прокуроры и адвокаты* (защита и опровержение "в одном флаконе" расхожих идей нанотехнологий, мудрец тот, кто докажет, что черное - это белое, и наоборот...)
 - *Буквоедство* (иллюстрированное описание существующих нанотехнологических терминов и новые, еще несуществующие, термины, "новояз")
 - *Компьютеры будущего* (новые принципы работы компьютеров и будущее нанoeлектроники, создадут ли искусственный разум с использованием нанотехнологий?)
 - *Выдуманнные интервью о невыдуманных сюжетах* (представьте себя руководителем высокого ранга, ученым, получившим Нобелевскую премию, новоиспеченным политиком, которого интервьюирует представитель федерального СМИ о важном событии или открытии в области нанотехнологий, которое способно изменить нашу жизнь)
 - *Светлый мир* (новые идеи фотоники и современной оптики, может ли существовать "шапка - невидимка"? и пр.)
 - *Живой мир и "нано"* (настоящее и будущее "зеленой химии", экологии, наномедицины, нанобиотехнологий и биомиметики)
 - *Чудеса альтернативной энергетики* (как Вы видите наш мир, который больше не зависит от угля и нефти, можно также поведать о новых чудо - батарейках, топливных элементах, гидро-, термоядерной энергетике, солнечной энергии и пр., насколько "умными" станут дома и транспорт, сможет ли человек летать, как птица и изобрести военный "экзоскостюм", который сделает его неуязвимым, и т.д.)
 - *Удивительный углерод* (углеродные наноматериалы и их перспективные применения)
 - *Физика и метафизика наномира* (что физически стоит за чудесами, которые обещают нанотехнологии, рассказ о физической подоплеке необычных (непривычных) явлений)
 - *Наноматериалы вокруг нас* (строение и новые свойства наноматериалов, которые уже применяются практически или будут использоваться в будущем)
 - *Мы и нанотехнологии* (социальные и психологические аспекты нанотехнологий, как нанотехнологии влияют на общество)
 - *Сумасшедшие устройства и изобретения* (перспективные устройства микро- и нанороботов, применения молекулярных машин и пр., вечные двигатели не предлагать!)
1. Кто был писателем - фантастом, придумавшим "серую слизь", так прочно связываемую средствами массовой информации с нанотехнологиями?



- 1) Герберт Уэллс
- 2) Рэй Бредбери
- 3) Борис Стругацкий
- 4) Эрик Дрекслер

- 5) Роберт Шекли
 - 6) Джанни Родари
 - 7) Джоан Роулинг
 - 8) Клиффорд Саймак
 - 9) Роберт Хайнлайн
 - 10) Ник Перумов
2. Кто из приведенных ниже известных людей не имеет (и не имел) никакого отношения к нанотехнологиям?



- 1) Анатолий Борисович Чубайс
 - 2) Владимир Владимирович Путин
 - 3) Жорес Иванович Алферов
 - 4) Сергей Борисович Иванов
 - 5) Михаил Валентинович Ковальчук
 - 6) Михаил Дмитриевич Прохоров
 - 7) Петр Александрович Витязь
 - 8) Станислав Лем
 - 9) Франклин Рузвельт
3. Какой из основателей нанотехнологий хорошо играл на барабанах?



- 1) Ричард Фейнман
 - 2) Жорес Алферов
 - 3) Ричард Смолли
 - 4) Герд Биннинг
 - 5) Норио Танигучи
 - 6) Константин Новоселов
4. Какой национальности мог быть гном, от названия которого на местном наречии произошла приставка "нано"?



- 1) англичанин
 - 2) шотландец
 - 3) ирландец
 - 4) американец
 - 5) русский
 - 6) китаец
 - 7) грек
 - 8) венгр
 - 9) немец
 - 10) француз
5. Что такое в буквальном переводе термин "форсайт", используемый для построения "дорожных карт" нанотехнологий?



- 1) гадание на кофейной гуще
- 2) взгляд в будущее
- 3) гадание на картах
- 4) хиромантия
- 5) ретроспективный анализ
- 6) ускорение
- 7) серфинг по сайтам сети Интернет
- 8) обгон конкурента