

**Решения задач отборочного тура повышенной сложности
VI Всероссийской Интернет - олимпиады
"Нанотехнологии - прорыв в будущее"
по комплексу предметов
"математика, физика, химия, биология"
для школьников**

1. Биомиметика (междисциплинарно - творческие, 7 - 11 класс)



Юный и очень ленивый нанотехнолог как-то задумался: может быть, вместо того, чтобы пытаться самому синтезировать наночастицы и наноматериалы из дорогих реактивов переложить эту задачу на кого-нибудь другого, например, на матушку Природу? И правда, можно подглядеть, как нужные нам объекты получаются сами собой в природе или использовать живые организмы для создания нужных нам нанотехнологических вещей.

А какие Вы можете придумать подходы и какие можете найти примеры использования микроорганизмов или других живых организмов при получении (тем или иным способом) наноматериалов (5 баллов)?

Пояснения к ответу:

Сами биополимеры – белки, нуклеиновые кислоты – можно формально причислить к нанообъектам, они могут быть также использованы для конструирования заданных наноразмерных структур.

Можно «скормить» нужный элемент бактериям или

микроорганизмам, чтобы они использовали его для построения собственных им структурных элементов (магнитобактерии, например, имеют магнитосомы, производящие магнитные нано- и микрочастицы, диатомовые водоросли формируют наноструктурированный скелет - "раковину" и т.п.)

Можно использовать живые организмы как матрицу для создания синтетических наноматериалов (биотемплаты): например, на чешуйку крыла бабочки осаждают оксид алюминия и эти структуры можно использовать в фотонике, вирус табачной мозаики покрывают золотом – и тогда наночастицы золота приобретают определенные размер и форму и т.п. Сюда же можно отнести использование белков - шаперонов с качестве матрицы для создания наночастиц и наноструктур и т.д. Рассматривались любые ответы участников, имевшие рациональные идеи и предложения.

2. Золотой ключик (междисциплинарно - творческие, 9 - 11 класс)



Времена меняются, и для открытия секретов в камерке папы Карло Карабас Барабас придумал замок, принимающий только золотые карточки - ключи квадратной формы. Буратино решил смухлевать и не искать золотой ключик, а сделать его. Для этого он сначала решил нанести на медный ключ нужной формы массой 75 грамм и толщиной 2 мм упрочняющий слой серебра. С этой целью он подключил ключ к батарейке от мобильного ёмкостью 700 мА*ч и осаждал серебро из раствора нитрата серебра до действительно полной разрядки батареи. Плотность металлической меди $8,92 \text{ г/см}^3$, серебра - $10,491 \text{ г/см}^3$, золота – $19,32 \text{ г/см}^3$.

Определите толщину слоя осевшего серебра (3 балла).

Процесс осаждения занял 2 часа.

Какое время необходимо для получения слоя серебра толщиной 100 нм (2 балла)?

Далее Буратино обмакнул ключ в раствор NaAuCl_4 и нанёс золотую плёнку толщиной 10 нм.

Сколько миллилитров раствора с концентрацией 10^{-4} моль/л ему потребовалось для этого (2 балла)?

После этого он пошел и открыл потайную дверь. А что там было - совсем другая история.

Однако можете ли Вы придумать (технические) способы, чтобы дверь открывалась именно золотым (и никаким иным) ключиком (3 балла)?

Пояснения к ответу:

Массу осевшего серебра определим по формуле Фарадея:

$$m = A_r \cdot I \cdot t / k \cdot F = 108 \cdot 0,7 \cdot 3600 / 1 \cdot 96484 = 2,82 \text{ (г)}$$

Объём серебра равен

$$V = m / \rho = 2,82 / 10,491 = 0,269 \text{ (см}^3\text{)}$$

Объём ключа

$$V = m / \rho = 75 / 8,92 = 8,4 \text{ (см}^3\text{)}$$

Площадь ключа

$$S = V / h = 8,4 / 0,2 = 42 \text{ (см}^2\text{)}$$

Толщина слоя серебра равна

$$h = V(\text{Ag}) / S = 0,0064 \text{ (см)} = \mathbf{64 \text{ (мкм)}}$$

Процесс осаждения занял 2 часа. Рассчитаем время по пропорции

$$7200 \text{ сек} - 64000 \text{ нм}$$

$$X - 100 \text{ нм}$$

$$X = \mathbf{11,25 \text{ сек.}}$$

Сколько миллилитров раствора с концентрацией 10^{-4} моль/л ему потребовалось? Объём золота равен

$$V(\text{Au}) = S \cdot h = 42 \cdot 10^{-6} = 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ (см}^3\text{)}$$

Масса золота равна $8,11 \cdot 10^{-4}$ г.

Количество золота = $4,12 \cdot 10^{-6}$ моль

$$\text{Объём раствора ЗХВК (золотохлороводородной кислоты)} = 4,12 \cdot 10^{-6} / 10^{-4} = \mathbf{41,2 \text{ (мл)}}$$

3. Мел судьбы (междисциплинарно - творческие, 9 - 11 класс)



Великий Гессер как-то дал Антону Городецкому из Ночного Дозора задание добыть мел судьбы. Антон в развалинах Афинского акрополя нашёл древний керамический горшок, где сохранился кусочек мела. Рядом с горшком он нашёл каменную плиту с выбитым текстом, который после перевода гласил следующее:

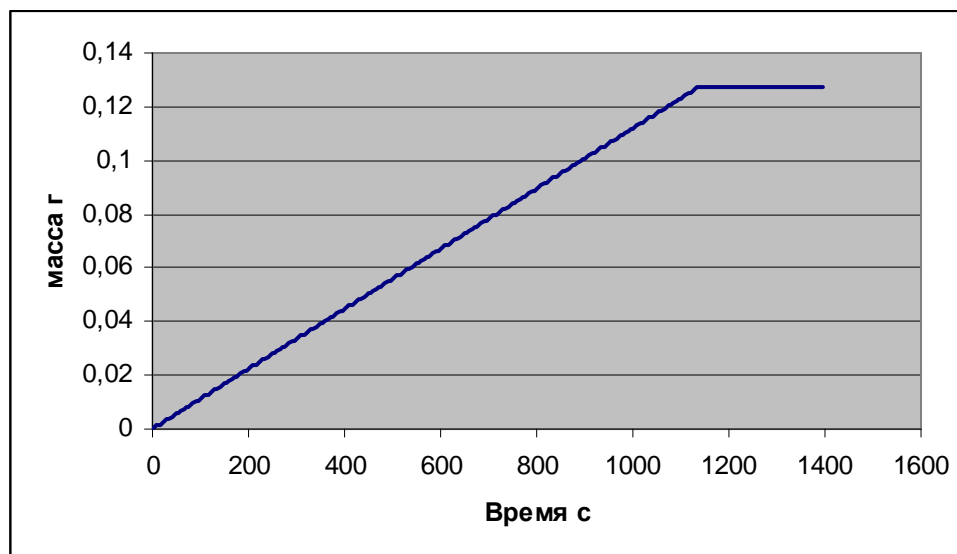
“Этот мелок не простой, им боги судьбы вершили, да и сделан он богами. Если брать его голыми руками, то руки чернеют. Так что бери его только в перчатках. Этим самым мелком Афина писала по только что откованному, ещё влажному после полировки медному щиту Персея и пока не стёрлась та надпись, был он непобедим. Но самое его волшебное свойство – это очистка воды. Нарисуй им на воде знак Нептуна, и можешь пить её смело – по велению бога морей любая зараза в той воде издохнет.

Ежели взять глиняный горшок, нарисовать знак Асклепия внутри, налить воды и добавить немного соды и мёда, а после проварить 3 минуты, то будет чудесный раствор, желтоватого или коричневатого цвета, который обладает целебными свойствами. Но не злоупотребляй милостью богов, ибо кто много того раствора пьёт, тот становится серым, и этот знак богов не смыть ничем.”

Отдав мел Гесеру, Антон нашёл в горшке несколько отколовшихся крошек и решил поэкспериментировать.

Первая крошка полностью и без остатка растворилась в воде. pH раствора не изменился. При добавлении гидроксида натрия из раствора выпал коричневатый осадок, при добавлении раствора аммиака – не выпало ничего.

Вторую крошку массой 0,2 г Антон растворил в воде, опустил в раствор два платиновых электрода и начал пропускать ток силой 0,1 А. При этом масса катода постепенно увеличивалась, что отражено на следующем графике:



Автоматический самописец зарегистрировал излом графика на 1135 секунде эксперимента с окончательной массой 0,127 г. Раствор после электролиза при выпаривании не давал сухого остатка.

Тщательно обдумав полученные данные, Антон сумел расшифровать старый текст по-новому, а потом наладил выпуск мела судьбы в малом инновационном предприятии, сказочно разбогател, отошел как от темных, так и от светлых дел, а потом и вовсе ушел в сумрак.

Определите состав мела судьбы (3 балла).

Напишите уравнения реакций (2 балла).

Расшифруйте старый текст и дайте подробные объяснения каждому пункту (4 балла).

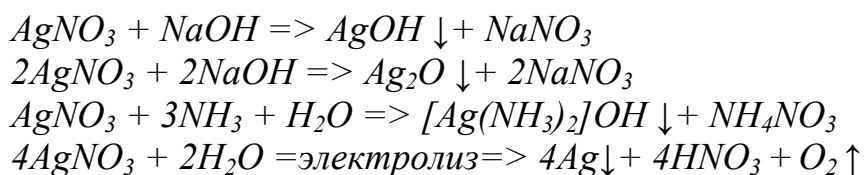
Пояснения к ответу:

Мел судьбы – это прессованный нитрат серебра. Монокристалл будет прозрачен и не похож на мел. Определить это можно по результатам электролиза.

Ровная линия на электролизе указывает на выделение либо одного металла, либо нескольких, но с одинаковой валентностью. Разная валентность элементов приведёт к излому на линии.

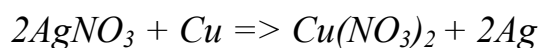
1135 секунд при силе тока 0,1 А – это 113,5 кулон или, после деления на число Фарадея, – $1,176 \cdot 10^{-3}$ моль электронов. При условии заряда иона равного 1 0,127 г металла (а при электролизе на катоде выделился металл) будут иметь атомный вес 108 (серебро). Если заряд равен 2 - 216 (что-то из изотопов астата, не подходит) Точно так же, по результатам электролиза определяется молярная масса соли ($0,2/1,176 \cdot 10^{-3} = 170$) и устанавливается, что это нитрат.

Первая крошка полностью и без остатка растворилась в воде. pH раствора не изменился. При добавлении гидроксида натрия из раствора выпал коричневатый осадок, при добавлении раствора аммиака – не выпало ничего.

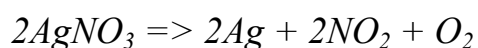


Если брать нитрат серебра голыми руками, то руки чернеют. Восстановление металлического серебра биополимерами кожи или органическими веществами, находящимися на коже. Специфической реакции нет.

Афина писала по только что откованному, ещё влажному после полировки медному щиту Персея. Обменная реакция между нитратом серебра и металлической медью. Протекает в водном растворе, поэтому важно, чтобы щит был ещё влажным.



Этим мелком потом писали тайные знаки на ткани или бумаге, невидимые, но после прогрева чёткие и чёрные. Имеется в виду разложение нитрата серебра при нагревании и образование метки из металлического серебра.



При контакте нитрата серебра с водой часть соли растворяется. Ионы серебра обладают мощным бактерицидным действием и обеззараживают воду.

"Ежели взять глиняный горшок, нарисовать знак Асклепия внутри, налить воды и добавить немного соды и мёда, а после проварить 3 минуты, то будет чудесный раствор, желтоватого или коричневатого цвета, который обладает целебными свойствами". Нитрат серебра в щелочной среде реагирует с мёдом и образует коллоидное серебро.

"Но не злоупотребляй милостью богов, ибо кто много того раствора пьёт, тот становится серым, и этот знак богов не смыть ничем." При хроническом отравлении ионами серебра может развиться аргирия, проявляющаяся, в том числе, в отложении металлического серебра под кожей и приводящая к изменению цвета.

4. Властелин колец (междисциплинарно - творческие, 9 - 11 класс)



Гном Кобдик, уже успевший прославиться созданием замечательных нанотехнологических объектов, но ещё недостаточно маститый для того, чтобы его называли со всеми возможными регалиями, получил заказ на изготовление светящихся колец для ежегодного праздника гномов.

Со всей возможной неторопливостью и важностью он прошёл в дедовскую лабораторию, чтобы приступить к работе. Как обычно, пробежав по стене лаборатории в поисках вдохновения, Кобдик засел за изучение гномьих фолиантов с забытыми рецептами и вскоре смог скомбинировать некоторые из них.

Для светящегося материала он решил взять яркие и не тускнеющие со временем *jutuug* (слово с устаревшего гномьего, адекватного перевода не найдено, в Интернете отсутствует). Для их получения нужно было собрать отходы получения и очистки меди и прокалить их в токе кислорода, затем растворить в воде и продуть сернистый газ. При этом получалось ярко-красное вещество *ghuutr*, которое надлежало отфильтровать и высушить, а после осторожно сплавить с магнием, чтобы получить *fookrt*. Далее надо было собрать отходы от получения цинка, растворить их в серной кислоте, удалить медь и осадить металл *scroonk* действием цинка. *Scroonk* снова растворить в серной кислоте, перекристаллизовать сульфат, снова приготовить разбавленный раствор и добавить поливинилпирролидон (ПВП).

В полученный раствор медленно и при интенсивном перемешивании пропускать ядовитый дурно пахнущий газ, выделяющийся при реакции *fookrt* с разбавленной соляной кислотой. При удачном проведении процесса раствор приобретал интенсивную окраску различных цветов и возможность

ярко светиться на солнечном свете. Если же процесс проходил неудачно, то выпадал тёмно-красный осадок.

Кобдик догадался, что *jutuug* состоит из двух элементов и довольно быстро смог установить его состав. Достав необходимые для синтеза вещества, он получил ярко светящиеся растворы. Далее Кобдик смешал растворы и добавил в них коллоидный раствор монодисперсных частиц полистирола диаметром 100 нм. Полученную мутную светящуюся жидкость он вылил на стекло слоем толщиной ровно в 110 нм и дал ей возможность медленно высохнуть. Затем Кобдик приложил к стеклянной пластинке полоску липкой ленты и удалил все полистирольные шарики. В результате он получил много ярких светящихся колечек, которые раздал всем гномам.

Что такое *jutuug*, *ghuutr*, *fookrt* и *scroonk* (3 балла)?

Напишите уравнения реакций, описанные в манускрипте (2 балла).

Из чего состоят колечки, полученные Кобдиком (1 балл)? Устойчивы ли они к действию воды (2 балла)?

Почему при высыхании раствора сформировались колечки (3 балла)?

Какова роль полистирольных частиц (2 балла)? Предложите свою версию.

Пояснения к ответу:

Что такое *jutuug*, *ghuutr*, *fookrt* и *scroonk*?

Это селен - ghuutr

Кадмий - scroonk

селенид кадмия – jutuug (квантовые точки)

селенид магния – fookrt

Установить их расчётным методом невозможно, но можно сориентироваться на описанные процессы получения селена (из анодных шламов меди) и кадмия (из отходов производства цинка)

Напишите уравнения реакций, описанные в манускрипте.

$CuSe + O_2 \Rightarrow CuO + SeO_2 \uparrow$ (*прокаливание отходов меди в кислороде*)

$SeO_2 + 2SO_2 + 2H_2O \Rightarrow Se + 2H_2SO_4$ (*получение элементарного селена*)

$Se + Mg \Rightarrow MgSe$ (*получение селенида магния*)

$Cd + H_2SO_4 \Rightarrow CdSO_4 + H_2$ (*растворение отходов цинковой металлургии*)

$CdSO_4 + Zn \Rightarrow ZnSO_4 + Cd$ (*выделение металлического кадмия*)

$Cd + H_2SO_4 \Rightarrow CdSO_4 + H_2$ (*растворение металлического кадмия*)

$MgSe + 2HCl \Rightarrow MgCl_2 + H_2Se \uparrow$ (*получение селеноводорода*)

$CdSO_4 + H_2Se \Rightarrow CdSe + H_2SO_4$ (*процесс протекает, так как растворимость селенида кадмия чрезвычайно низка*)

Из чего состоят колечки, полученные Кобдиком? Устойчивы ли они к действию воды?

Колечки состоят из квантовых точек, склеенных поливинилпирролидоном (ПВП). К действию воды они неустойчивы, так как ПВП хорошо в ней растворим.

Почему при высыхании раствора сформировались колечки? Какова роль полистирольных частиц? Предложите свою версию.

За счёт поверхностного натяжения воды, при медленном высыхании раствора квантовые точки были “затянуты” в узкие зазоры под шариками полистирола из которых жидкость испарялась в последнюю очередь. После высыхания сформировались кольчатые структуры. Полистирольные шарики сыграли роль удаляемой (скотчем) матрицы.

5. Линзы (междисциплинарно - творческие, 9 - 11 класс)



Рэпер RJ, поразивший на предыдущей олимпиаде всех своими золотыми дредами, решил не останавливаться на достигнутом и усилить впечатление. Для этого он придумал сделать золотые очки, но не только с золотой оправой, но ещё и с золотыми линзами. Поскольку золото непрозрачно для света, то первоначально он хотел расплющить его до толщины, при которой оно пропускает его в достаточной мере, для чего долго проковывал молотком. Полученный результат его не удовлетворил, так как золото уже не было похоже на драгоценный металл, а напоминало полупрозрачную зеленовато-жёлтую плёнку. Тогда он вспомнил о нанотехнологиях и способе синтеза “снизу вверх”. Взяв тетрахлораурат натрия, RJ добавил к нему цитрата натрия и прокипятил. Полученную жидкость он залил в прослойку между стёкол на линзах очков и отправился тусить.

Опишите, какой синтез провёл RJ и что он получил (2 балла). Напишите уравнения реакций (1 балл).

Будут ли такие очки защищать от ультрафиолета (почему, 2 балла)?

Можно ли добиться для золота с помощью использованной технологии такой же гаммы цветов, как показано на рисунке для растворов,

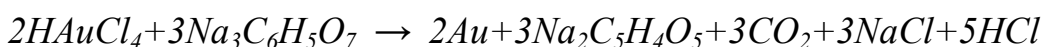
содержащих серебро, которые, в свою очередь, получил младший брат РЈ, причем с использованием очень похожей методики. Почему (4 балла)?

Пояснения к ответу:

Опишите, какой синтез провёл РЈ и что он получил.

Он получил коллоидное золото классическим методом Френса [Frens G. // Nature Phys. Sci. - 1973. - Vol. 241. P. 20-22.]: восстанавливая золото лимонной кислотой.

Напишите уравнение реакции.

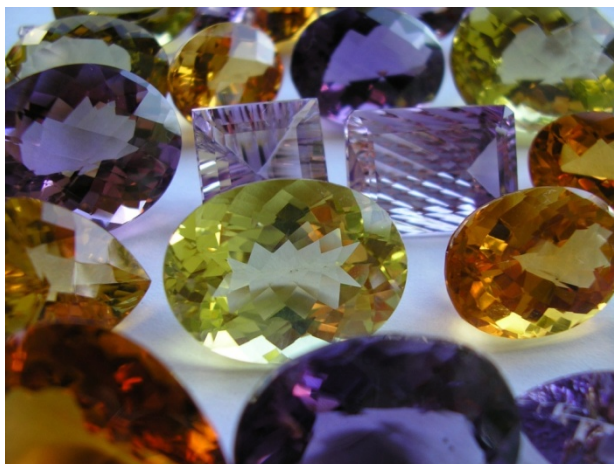


Эта реакция считается классической, но в принципе возможно и дальнейшее окисление ацетондикарбоновой кислоты.

Будут ли такие очки защищать от ультрафиолета?

Да, будут. В области спектра с длинами волн короче 400 нм металлы непрозрачны. Вообще, может получиться узкополосный светофильтр для видимой области спектра с очень эффективным поглощением в ультрафиолете. В случае золота максимум спектров поглощения наночастиц различного размера и формы смещен в область 580 нм и дальше, поэтому, как разбиралось пару олимпиад назад (задача о богатстве гнома (В.В.Китаев)), такого богатого спектра "цветов" в видимой области, как для золотых наночастиц серебра, для золота получить не удастся.

6. Часики (междисциплинарно - творческие, 9 - 11 класс)



Бонд заказал Кью новые часы. Как обычно, он не вмешивался в выбор начинки и специальных свойств, но категорически затребовал небьющееся и не подверженное царапинам стекло.

Сначала Кью хотел вырезать стекло для новых часов из цельного алмаза, но финансовый отдел дружно упал в обморок и он понял, что несколько переоценил щедрость своей конторы. Такие же массовые обмороки повторились при попытке предложить рубин или сапфир.

Тогда Кью пошёл длинным и более экономичным путём. Сходя в магазин и накупив там шоколадок, он оживил бухгалтерию и даже смог их уговорить на покупку высокотемпературной муфельной печи и шаровых мельниц с хорошим набором шаров. Собрав фольгу от съеденного шоколада, Кью спустился в сырой подвал и там разбил несколько термометров. Обработав фольгу полученной ртутью, Кью преспокойно ушёл домой и на время забыл о задании Бонда, развлекаясь созданием компьютерной мыши с оптическим прицелом.

Через некоторое время Бонд напомнил о себе, и Кью продолжил работу. В подвале тем временем фольга превратилась в материал А. Кью собрал его и прокалил при 1500°C . Полученный материал Б он разделил на части, поместил в шаровую мельницу, щедро сыпанул титановых шаров (усиленных карбидом титана) и перемолол. Вторую часть он перемолол шарами из хрома, а третью просто плавленым корундом. Из полученных порошков Кью спрессовал стёкла для часов и подверг их спеканию при 1800°C . Два стекла вышли мутно-серыми и почти непрозрачными. Несмотря на высокую прочность и твёрдость, Кью посчитал их браком. Третье стекло получилось замечательно прозрачным, и Кью вставил его в часы Бонда, предварительно наточив кромку и обучив Бонда перерезать стеклом часов стальные прутья.

Обдумав причины неудовлетворительного качества двух других образцов, Кью пришёл к выводу о необходимости прокаливания порошка после помола в кислородной атмосфере. Проделав эту процедуру и снова изготовив образцы керамики, Кью получил великолепной красоты драгоценные камни, которые подарил знакомым.

Какие материалы А и Б получил Кью (2 балла)? Зачем он проводил прокаливание А (2 балла)?

Почему он пошёл таким странным путём (1 балл)? Напишите уравнения реакций и поясните необходимость каждой процедуры (3 балла).

Какие стёкла в первом случае получились бракованными и почему (2 балла)?

Какие реакции могли протекать при прокаливании порошка в кислородной атмосфере (1 балл)?

Какие драгоценные камни получил Кью (3 балла)?

Пояснения к ответу:

Какие материалы А и Б получил Кью? Зачем он проводил прокаливание А?

Материал А – гидратированный оксид алюминия. Формула, например, $AlO(OH)$. (хотя точно утверждать нельзя, так как он может как сорбировать, так и терять воду, а также иметь различные кристаллические модификации)

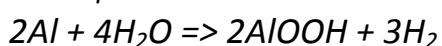
Материал Б – $\alpha-Al_2O_3$.

Прокаливание необходимо для достижения постоянного состава и предотвращения усадки (изменения объема) при спекании.

Почему он пошёл таким странным путём? Напишите уравнения реакций и поясните необходимость каждой процедуры.

При окислении алюминия во влажной атмосфере на поверхности ртути образуется объёмная губка из чрезвычайно тонких волокон гидратированного оксида алюминия (реально происходит взаимодействие влажного воздуха с очень химически активным сплавом алюминия и ртути, амальгамы алюминия, лишённого обычной для металлического алюминия защитной пленки). Спекание приводит к её усадке, но крупных зёрен глинозёма не образуется, так как исходная губка очень рыхлая и материала для роста зёрен недостаточно. Кью пошёл таким путём, поскольку для создания оптически прозрачного корунда, да ещё практически не дающего усадки после спекания ему нужен был дисперсный порошок $\alpha-Al_2O_3$, с некоторой долей наноразмерной фракции, получить который другим путём было значительно труднее.

Реакции:



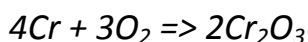
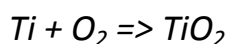
Какие стёкла в первом случае получились бракованными и почему?

Бракованными получились стёкла из глинозёма, размолотого титановыми и хромовыми шарами из-за перехода части металла шаров при помоле в оксидный материал (при его частичном истирании оксидным материалом, имеющим большую твердость). При спекании частицы металла расплавились (но не окислились, так как в плотной прессовке

глинозёма к частицам металла практически нет доступа кислорода!) и поэтому сделали стекло мутным.

Какие реакции могли протекать при прокаливании порошка в кислородной атмосфере?

При прокаливании в кислородной атмосфере титан и хром окислились до оксидов.



Какие драгоценные камни получил Кью?

Он получил рубин (оксид алюминия, легированный оксидом хрома) и сапфир (оксид алюминия, легированный оксидными соединениями титана).

7. Планета Арракис и Фримены (междисциплинарно - творческие, 8 - 11 класс)



Планета Арракис, известная как Дюна. Бесконечная пустыня, родина песчаных червей и единственный источник пряности во Вселенной. Я, герцог Пауль Атрейдес, повелитель Дюны. Фримены зовут меня Муад'диб.

Пауль Атрейдес "Мемуары"

Арракис

Изобретением фрименов, позволявшим им выжить в раскалённой пустыне, был дистикомб: специальная одежда, улавливающая всю воду, выделяемую телом. Газонепроницаемая поверхность дистикомба покрыта фотоэлементами, преобразующими свет в электроэнергию, запасаемую в

батареях. Пяточные насосы при ходьбе гонят поток воздуха вдоль тела, а затем через блок цеолитов для поглощения влаги. Выдыхаемый воздух также проходит через цеолиты. Ночью запасённая за день энергия раскаляет спирали, проложенные в блоках цеолитов, а собранная вода поступает во вшитую фляжку, из которой её можно пить через специальную трубочку.

Опишите все потенциальные достижения нанотехнологии, применённые в этом костюме (3 балла).

Поясните, почему в таком костюме возможно выживание в пустыне и какова роль каждого элемента костюма (4 балла).

Почему выделение воды производилось ночью (2 балла)?

Пояснения к ответу:

Опишите все нанотехнологии, применённые в этом костюме.

Фотоэлементы, цеолитые поглотители, высокоёмкие батареи малой массы и другие варианты.

Поясните, почему в таком костюме возможно выживание в пустыне и какова роль каждого элемента костюма.

Комплекс фотоэлементы + батареи запасает энергию, необходимую для регенерации цеолитов. Цеолиты поглощают пары воды и препятствуют её потере. Так как поверхность газонепроницаема, то потерь воды нет. В условиях отсутствия испарения пота очень быстро наступает перегрев. Поэтому для испарения необходима принудительная вентиляция, обеспечиваемая насосами.

Почему выделение воды производилось ночью?

В пустыне климат резко континентальный. То есть, ночью там холодно. Холод необходим для конденсации паров воды, выделяющихся при нагревании цеолитов. Попытка выделить воду днём вызвала бы необходимость создания холодильной машины и перерасход энергии, в результате чего запаса энергии могло и не хватить.

8. Тлейлаксу (междисциплинарно - творческие, 8 - 11 класс)



Тлейлаксу. Коварные, вероломные и... незаменимые. Именно с их технологиями удалось воссоздать пряность после гибели экосистемы Арракиса. Они многократно меня оживляли и убивали, не раз пытались подчинить и почти всегда использовали. После открытия способа активации памяти прошлых жизней я помню всё, что они творили со мной на протяжении трёх тысяч лет.

Дункан Айдахо “Народы Вселенной”
Капитул

Тёмно-серая, никогда не загоравшая кожа тлейлаксу была не проницаема для дистанционных зондов и сканеров. Рентгеновские снимки были неизменно мутными, даже кости на них были практически неразличимы. Методы МРТ тоже терпели фиаско. Маленький рост и хрупкое телосложение делали их обманчиво уязвимыми. Однако это было не так. Тлейлаксу никогда не болели, обладали устойчивостью ко многим ядам, легко могли задерживать дыхание на несколько минут. С развитыми технологиями регенерации они были почти бессмертными. Непроницаемая кожа позволяла замаскировать вшитое в тело оружие, которым они виртуозно пользовались. Хотя ядерное оружие давно было уничтожено, тлейлаксу обладали способностью выдерживать радиацию.

Безусловно, они хорошо поработали над собственным генетическим кодом. Хотя ряд биологических механизмов так и остаётся их тайной, тем не менее, многие из их достижений могут быть поняты.

Опишите причины, по которым кожа тлейлаксу может быть непроницаема для любых оптических методов исследования. (Подсказка – необычный цвет кожи и причины, которые его вызывают) (2 балла)
На каком принципе работает МРТ (2 балла)? Что может помешать МРТ исследованию (2 балла)?

На каком принципе работает "рентген" (2 балла)? Что может блокировать распространение рентгеновских лучей и тем самым испортить снимок (2 балла)? Какие препараты / вещества подобного типа используются сейчас и для чего (1 балл)?

Какие из описанных выше механизмов обеспечивают иммунитет тлейлаксу, устойчивость к радиации, возможность длительной задержки дыхания (2 балла)?

Пояснения к ответу:

Опишите причины, по которым кожа тлейлаксу может быть непроницаема для любых оптических методов исследования.

Тёмно-серый цвет кожи характерен для аргирии: отложения металлического серебра. Наночастицы металлов обладают большим коэффициентом поглощения и поэтому поглощают падающее на них излучение. Если они имеют достаточно широкий разброс по размерам и морфологии, то они могут поглотить большую часть оптического спектра излучения: от ультрафиолета до инфракрасного.

На каком принципе работает МРТ? Что может помешать МРТ исследованию?

МРТ (магнитно-резонансная томография) работает на принципе взаимодействия ядер с нечётным спином (чаще всего водорода) с электромагнитным полем в сильном магнитном поле. При взаимодействии резонансно поглощается энергия и "наблюдается сигнал". Принципиально возможны два варианта: фиксированное поле и переменная частота, а также фиксированная частота и переменное поле.

Суперпарамагнитные частицы в тканевой жидкости полностью блокируют МРТ. Есть бактерии, накапливающие наночастицы магнетита. Фрагмент их генома, ответственный за формирование подобных частиц может быть внедрён в генофонд тлейлаксу. Возможны другие варианты.

На каком принципе работает "рентген"? Что может блокировать распространение рентгеновских лучей и тем самым испортить снимок? Какие препараты/вещества подобного типа используются сейчас и для чего?

Рентген работает на принципе поглощения излучения атомами с большим номером (имеющими объёмные электронные оболочки вокруг ядра). Лёгкие атомы, например, углерод, водород, азот, кислород слабее поглощают излучение и потому практически "прозрачны". Сравнительно

тяжёлые атомы, такие как железо, кальций сильнее поглощают рентгеновское излучение. Поэтому на рентгеновских снимках виден, в основном, скелет, концентрирующий эти атомы. Блокировать распространение рентгена у тлейлаксу и размыть снимок может серебро, коллоидное железо (или вернее коллоидные соединения железа)

Сейчас для подобных целей используются соединения йода, которые вводятся в сосуд, питающий кровью орган, снимок которого хотят сделать. Йод поглощает рентген и снимок проявляется в виде контрастной сетки сосудов, оплетающей орган. Более старый и грубый способ – баритовая кашка, суспензия сульфата бария, который проглатывается и позволяет сделать снимок кишечника.

Какие из описанных выше механизмов обеспечивают абсолютный иммунитет тлейлаксу, устойчивость к радиации, возможность длительной задержки дыхания?

Коллоидное серебро обладает мощным бактерицидным действием и способно нейтрализовать многие бактерии и грибки. Значительно менее эффективно оно против вирусов, однако в количествах, в которых оно скапливается в теле тлейлаксу, оно тоже может помочь. Устойчивость к радиации обеспечивается всё тем же серебром, большой атомный номер которого позволяет достаточно эффективно поглощать наиболее проникающие типы излучения. Длительная задержка дыхания может быть объяснена исключительно высоким содержанием гемоглобина или иного связывающего кислород белка, а как следствие очень высоким содержанием железа в организме.

Разумеется. возможны и другие варианты ответа.

9. Поиск информации (междисциплинарно - творческие, 7 - 10 класс)



Юный математик решил расширить свои познания в нанотехнологиях. Вместо того чтобы пойти простейшим и наиболее оптимальным путем через посещение сайта <http://www.nanometer.ru>, он решил задать в поисковой

системе Google ряд запросов, которые, по его мнению, могли бы помочь в получении необходимой информации. К сожалению, компьютерная клавиатура была частично сломана: ряд клавиш не функционировали, так что в строке поиска отразились следующие довольно странные запросы:

ннтнлли в ссии (1)

квнтвы тки ннкистллы (2)

nnscl sc ltts (3)

cmisty nnmtils syntsis tis lictins (4)

Учтите, что в случае поломки клавиши нарушается ее функционирование вне зависимости от типа раскладки (англо- или русскоязычная). Вам также должно быть известно, что поисковый запрос может не являться согласованным предложением и в ряде случаев представляет собой набор ключевых слов.

Установите клавиши клавиатуры, которые точно сломаны и не функционируют (2 балла).

Восстановите текст запросов, которые вводил в поисковую строку Google юный математик (2 балла).

Что Вы можете сами сказать относительно информации, которая связана с расшифрованными Вами поисковыми запросами (в свободной форме) (3 балла)?

Пояснения к ответу:

Обратим внимание на наличие в запросах (1)-(4) спаренных букв *nn* или *pp*, располагающихся в голове слова. С учетом того, что юный химик решил расширить свои познания именно в нанотехнологиях, можно предположить, что слова из запросов содержат фрагмент *нано-/напо-*. Соответственно, мы можем отметить на QWERTY/ЙЦУКЕН клавиатуре следующие неработающие клавиши: А/Ф, О/Щ, F/A, J/O.

Тогда первое слово запроса (1) выглядит *ннотнлли*, что, скорее всего, соответствует слову *нанотехнологии*. В таком случае также не работают клавиши: Т/Е, {/Х, U/Г. Однако, буква *t* присутствует в запросах (3)-(4)! Возникает диссонанс.

Можно пойти с другой стороны. Первое слово запроса (4) в аномальном виде выглядит как *cmisty*. Единственное разумное объяснение – *chemistry* (запрос все-таки делал юный химик). Тогда не функционируют следующие клавиши: Н/Р, Е/У, R/К. Но кириллическая буква *к* присутствует в запросе (2). Тем самым, мы столкнулись с системной ошибкой, требующей исправления.

Единственный возможный вариант: школьник использовал не русскую раскладку ЙЦУКЕН, а иную – фонетическую, или “ЯВЕРТЫ”. Латинская раскладка клавиатуры, представленная в условии, – типичная QWERTY.



Тогда все встает на свои места. Из разобранных выше трех слов выясняется, что не функционируют клавиши: А/А, О/О, Е/Е, Х/Х, G/Г, Н/Ч, R/Р.

С учетом нефункционирующих клавиш единственный разумный вариант для запроса (1) – *нанотехнологии в россии*.

Для дальнейшей расшифровки надо применять логический подход, основанный на минимальном переборе вариантов и использовании в качестве недостающих только тех букв, которые не присутствовали в изначальном запросе. Тогда запрос (2) легко трансформируется в *квантовые точки нанокристаллы* (слово *точки*, конечно же, обнаруживается только после расшифровки характерного прилагательного – *квантовые*).

В запросе (4) легко определяются первое (*chemistry*), второе (*nanomaterials*) и третье (*synthesis*) слова. Расшифровка четвертого и пятого слова создает известные сложности. Наиболее простым вариантом является реальное использование поисковика Google – живой поиск интернет-сервиса выдает единственно возможный вариант *chemistry nanomaterials synthesis properties applications*. Таким образом пользователи ищут книгу *The Chemistry of Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications* под редакцией C.N.R. Rao, A. Müller, A.K. Cheetham.

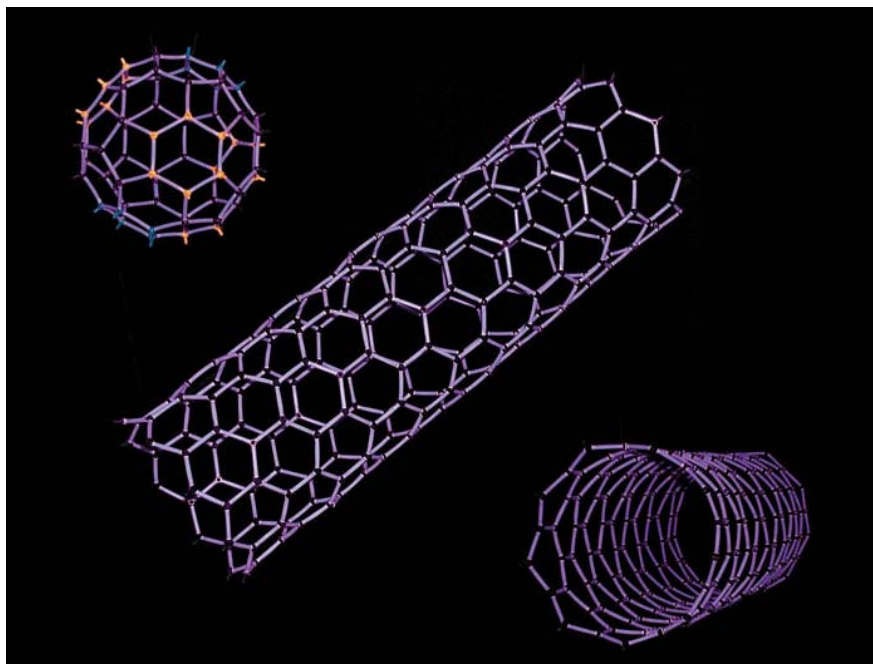
Запрос (3) – самый тяжелый для интерпретации. Тем не менее, достаточно легко угадывается его первое – *nanoscale* и последнее слово – *letters*. Второе слово может быть найдено аналогичным запросу (4) путем – Google выдает вариант *research*. То есть запрос (3) выглядел так: *nanoscale research letters* (тем самым проводился поиск одноименного журнала).

Все указанные запросы выдаются живым поиском Google.

Схема поломанной клавиатуры:



**10. Самая тонкая: в поисках истинного фуллерена C_{60}
(междисциплинарно - творческие, 9 - 11 класс)**



С прошлой "наноолимпиады" мы продолжаем искать и анализировать "самое-самое"... При этом, как всегда, все расчеты проводим, исходя из геометрических соображений, приняв все грани рассматриваемых многогранников правильными многоугольниками, а длину всех С-С связей – равной, как в графите, 0,142 нм; размерами атомов пренебрегаем. При расчетах можно использовать теорему косинусов для трехгранного угла.

Приведите формулу гомологического ряда самой тонкой нанотрубки (Варианты: C_{60+10n} , C_{50+10n} , C_{40+10n} , C_{30+10n} , C_{20+10n}) (обоснуйте, 3 балла).

Ответ:

C_{30+10n} . (Если формально считать C_{20} принадлежащим этому ряду, то C_{20+10n} .)

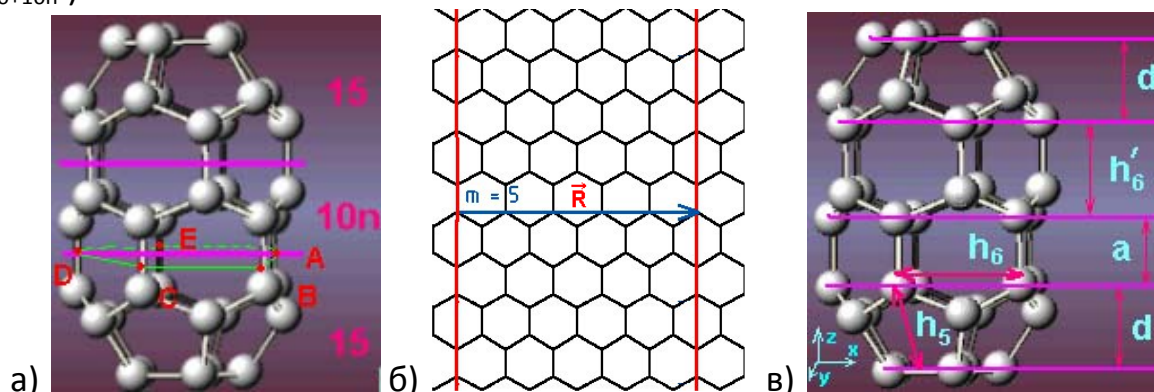


Рис.1 а) строение нанотрубки, б) сворачивание листа графена в такую нанотрубку, в) построения для ответа на вопрос 5.

Опишите строение самой тонкой нанотрубки (2 балла).

Ответ: Строение трубки: концы – шапочки из 6 сопряженных правильных пятиугольников, 15 атомов углерода в каждой; каждый новый встраиваемый «слой» содержит 10 атомов углерода и приводит к повороту одной из «шапочек» на угол 36° и добавлению пяти шестичленных циклов.

Рассчитайте диаметр самой тонкой нанотрубки (3 балла).

Ответ: Равен диаметру окружности, описанной вокруг правильного пятиугольника **ABCDE**, со сторонами, равными малым диагоналям правильных шестиугольников (Рис. 1а).

Тогда диаметр описанной окружности:

$$D = 2R = 2 \cdot \frac{h_6/2}{\sin(360/(5 \cdot 2))} = \frac{2a \sin(60^\circ)}{\sin(36^\circ)} = 0,418(\text{нм}).$$

Найдите (n, m) и определите тип такой нанотрубки (4 балла). Какой будет ее проводимость (1 балл)?

Ответ: $n = 0$, $m = 5$ (см. рис.1); тип – зигзаг, полупроводник.

Традиционно бакибол, несмотря на диаметр 0,71 нм, относят к нанобъектам. Какова будет длина изомера C_{60} из рассматриваемого гомологического ряда (3 балла)? Является ли этот изомер C_{60} истинным нанобъектом (1 балл)?

Ответ: Длина нанотрубки складывается из высот двух «шапочек», длины ребра, соединяющего их в простейшем случае C_{30} , и длины «вставки», кратной числу добавленных слоев (Рис. 1в). Каждый слой вставки увеличивает длину нанотрубки на длину перпендикуляра, опущенного из вершины шестиугольника вдоль большой диагонали на малую диагональ шестиугольника, $h'_6 = a + a \sin(30^\circ) = 1,5a$. То есть, длина нанотрубки $L = 2d + a + h'_6 \cdot n$.

Высота «шапочки» **d** равна проекции высоты правильного пятиугольника **h₅** на ось **z** (вертикаль): $d = h_5 \sin \gamma$,

$$h_5 = \frac{a}{2 \cos(180^\circ \cdot (n-2)/5 \cdot 2)} + \frac{a \cdot \operatorname{tg}(180^\circ \cdot (n-2)/5 \cdot 2)}{2} = \frac{a}{2} \cdot (1/\cos(54^\circ) + \operatorname{tg}(54^\circ)),$$

угол гамма равен двугранному углу между плоскостью **xy** (горизонтальная) и плоскостью правильного пятиугольника. По теореме косинусов для трехгранного угла находим смежный с гамма угол ($\pi - \gamma$, угол отклонения пятиугольной грани «наружу»):

$\cos \gamma' = \cos \alpha' \cos \beta' + \sin \alpha' \sin \beta' \cos(\pi - \gamma)$, где $\alpha' = \beta' = \gamma' = \frac{180^\circ(n-3)}{5} = 108^\circ$ - плоские углы трехгранного угла, равные углу в правильном пятиугольнике.

Тогда $\cos(\pi - \gamma) = \frac{\cos \alpha' - \cos^2 \alpha'}{\sin^2 \alpha'} = \frac{\cos \alpha' \cdot (1 - \cos \alpha') \cdot (1 + \cos \alpha')}{\sin^2 \alpha' \cdot (1 + \cos \alpha')} = \frac{\cos \alpha'}{1 + \cos \alpha'}$.

Преобразуем $\cos \gamma = -\cos(\pi - \gamma)$, тогда

$\sin \gamma = \sqrt{1 - \cos^2 \gamma} = \sqrt{1 - \left(-\frac{\cos(\alpha')}{1 + \cos(\alpha')}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(-\frac{\cos(108^\circ)}{1 + \cos(108^\circ)}\right)^2}$ и длина равна

$$L = 2d + a + h'_6 \cdot n = 2h_5 \sin \gamma + a + h'_6 \cdot n = 2 \cdot \frac{a}{2} \cdot (1/\cos(54^\circ) + \operatorname{tg}(54^\circ)) \cdot \sqrt{1 - \left(-\frac{\cos(108^\circ)}{1 + \cos(108^\circ)}\right)^2} + a + 1,5an =$$

$$= 0,142 \cdot (3,0777 \cdot 0,894 + 1 + 1,5 \cdot 3) = 1,172 \text{ (нм)}$$

Таким образом, молекула C_{60} гомологического ряда C_{30+10n} является нанообъектом по определению ИЮПАК.