

Задания теоретического заочного тура школьников

Регистрация http://www.nanometer.ru/userc_u3.html

Лекции <http://www.nanometer.ru/lectures.html?UP=221854>

Страница олимпиады http://www.nanometer.ru/olymp2_o5.html

ИНСТРУКЦИЯ (прочтите внимательно)

Успешное решение этих заданий (с учетом категорий участников) наиболее важно для призеров и победителей обоих отборочных подтуров - отборочного тура для младших школьников и начинающих, а также отборочного тура для старших школьников. При этом любые **победители отборочного тура** (то есть как среди младших, так и среди старших классов) могут непосредственно приехать на очный тур без решения представленных ниже заданий, однако в этом случае Оргкомитет не оплачивает транспортных расходов и проживания в г.Москве. **Призеры** обоих отборочных туров (как младшие, так и старшие школьники) обязаны успешно решить приводимые ниже задания, чтобы их допустили до решения задач очного тура (не все задания, возможно, но точно стоит набрать больше баллов, чем потенциальные соперники). Приводимые ниже задания являются также хорошей тренировкой перед очным туром (хотя на очном туре задания не будут требовать использования [компьютерной](#) сети и поэтому могут быть несколько компактнее, чем то, что предлагается ниже, строго в рамках школьных программ). Призеры и победители теоретического заочного тура, задания которого даны ниже, получают индивидуальную поддержку Оргкомитета для участия в очном туре. Таким образом, в теоретическом заочном туре все же настоятельно рекомендуется участвовать всем победителям и призерам отборочного тура.

ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАНИЙ НЕ ЗАБЫВАЙТЕ НАЖИМАТЬ КНОПКУ "СОХРАНИТЬ", чтобы не потерять решение (как описано ниже). Графически все [описано здесь](#). Если в задании Вы увидели красный кубик с вопросами на гранях - это не картинка потерялась, это продолжение задания - дополнительный вопрос к последней картинке в рамках текущего задания, чтобы ни один вопрос (а значит, потенциальные баллы) не был пропущен участником. Маркировка заданий "химия", "физика", "математика", "биология", "начинающие", "повышенной сложности" означает лишь тематическую направленность и примерный уровень сложности, соответственно. Любой участник может решать любые задания. В конце тура будет получен сводный рейтинг участников по всем решенным ими задачам (с учетом деления на "младших" и "старших" школьников).

Решение задач, которые даны ниже, позволяют школьникам попасть на очный тур (правда, по закону, не более 35% от всех участников тура), а также получить электронный сертификат участника заочного теоретического тура (всем). "Взрослым" отвечать на эти вопросы стоит лишь для тренировки, для них результаты по этому конкурсу не учитываются, они будут учтены только для школьников.

Особенности этого задания:

- все задачи решаются в рамках здравого смысла, школьной программы и дополнительных материалов (в некоторых случаях), то есть если вы этого "еще не проходили", посмотрите, подумайте - и **Вы все сможете решить!**
- если Вам незнакомы какие – либо термины, Вы можете спросить об этом преподавателей или найти ответ самостоятельно (в том числе изучив доступные Вам [Лекции](#) на сайте Олимпиады)
- совсем **не обязательно** решать ВСЕ задачи, и даже каждую задачу можно решить **частично**, получив баллы только за то, что на что правильно ответили, для этого нужно выбрать верные ответы на предлагаемые вопросы (а потом написать Ваше решение в файл Ваших ответов и позже загрузить этот файл на сайт, кнопка загрузки - ниже); решайте в любом порядке и с любого места, но осмысленно и вдумчиво
- решение оформляется и отсылается **только** в электронном виде, как описано ниже (электронную почту просьба не использовать)
- подписывать решения **не надо**, участник известен по логину и паролю, который Вы вводите при входе на сайт Олимпиады www.nanometer.ru в качестве **участника** (просто логин и **пароль** пользователя может не работать, **Вы должны быть зарегистрированы** именно на олимпиаду).
- В форме теста представлены **полноценные задачи**, требующие обоснования решения и расчетов, которые Вы можете прикрепить в виде сводного файла со всеми решениями и комментариями, отметив одновременно в приведенной ниже викторине нужные варианты ответов - автоматическая проверка сразу выявит сильных участников, баллы которых будут откорректированы после проверки файла с решениями.

Отвечать на вопросы викторины можно в любое время **с 10 февраля по 3 марта**, в течение этого срока можно неоднократно исправлять свои решения и ответы на вопросы. Прием решений закончится в полночь с 3 на 4 марта (время московское), поэтому последняя на тот момент версия и будет автоматически Вашим окончательным решением. Очень не рекомендуется списывать. Если участник претендует на победу, он **ОБЯЗАН** приложить электронный чистовик своего оригинального, детализированного решения, **ПОДТВЕРЖДАЮЩЕГО** высокие результаты прохождения автоматизированного теста, для окончательного решения жюри будет анализировать именно файл с решениями. Если будут обнаружены идентичные задния, баллы за них будут резко снижены без предварительного уведомления участника.

Как пройти тест и загрузить работу?

При ответах на викторину для каждого вопроса Вы выбираете один из предложенных ответов (он может оказаться правильным или неправильным, об этом Вы узнаете позже, после завершения тура). Для загрузки файла решения (или архива файлов) в самом низу есть окошко и кнопка "ОБЗОР" (это **именно** для загрузки файла решения по этому туру, который нужно выбрать с Вашего [компьютера](#), затем необходимо нажать кнопку "СОХРАНИТЬ", чтобы все загрузить и сохранить ответы на вопросы викторины). Результаты викторины (ответов на вопросы) и результаты ручной проверки ответов на задания **суммируются** ("ручная" проверка членами жюри **после** 4 марта). Ответы на задания этого теста будут доступны после 5 марта. Загружать файл и изменять порядок Ваших ответов можно многократно, вплоть до окончания срока приема работ конкурса (3 марта). Последняя версия и будет окончательно принятой на конкурс работой.

Как правильно оформить ответы на задания олимпиады?

Решение заданий олимпиады Вы выполняете на своем [компьютере](#) или в [компьютерном](#) классе (вообще, в любой точке Земли, где есть [компьютеры](#) и Интернет). Для того, чтобы оформить решение, Вы можете воспользоваться любой программой, которая Вам нравится. Но приниматься к рассмотрению будут файлы только в форматах **.doc, .docx, .rtf, .txt, .pdf, .xls, .xlsx, .7z, .rar, .zip, .tar, .jpg, .gif** и **.ppt**. В частности, можно прислать сфотографированное рукописное решение (один файл, не больше 15 Мб). Если Вы испытываете сложности с конвертацией файла в один из этих форматов, напишите об этом на support@nanometer.ru или спросите у учителя. Имя файлу Вы можете дать любое, но оно может содержать **только латинские символы и цифры**. В тексте решения условия задачи приводить не надо. Мы рекомендуем добавлять решения по мере того, как они будут у Вас появляться, а не оттягивать все на последний момент. После окончания тура что - то добавлять, менять или удалять будет невозможно.

Удачного и плодотворного участия! Кроме решения этих задач можно участвовать в любых других подходящих Вам или просто понравившихся конкурсах.

+++++

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЗАОЧНОГО ТУРА ШКОЛЬНИКОВ



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

Аэрогели — очень лёгкие твёрдые материалы, пористость которых достигает 99%. Впервые аэрогель был получен в 1931 г. Стивенем Кистлером.

В воде плавает (не всплывает и не тонет) кубик аэрогеля плотностью 1.9 кг/м³ с привязанным к нему кубиком золота (плотность 19 300 кг/м³).

1.1. Найдите отношение объёма кубика аэрогеля и кубика золота (3 балла).

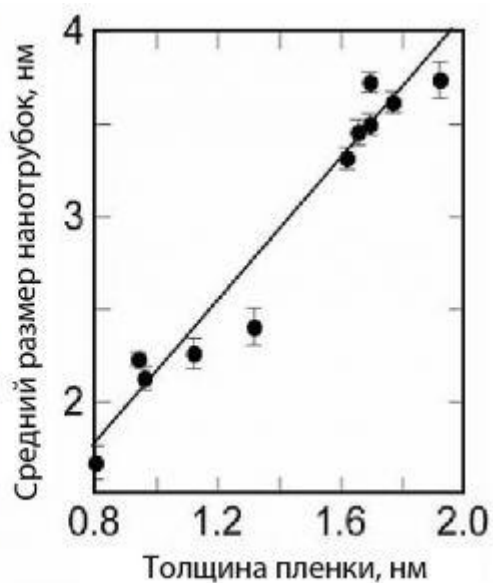
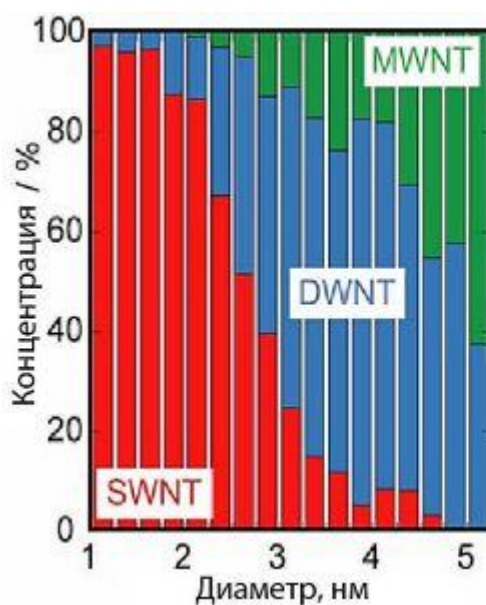
- 1
- 10.6
- 101.3
- 18.3

- 0.546
- 17.1
- 13.2
- 1103.16
- 3.1415
- 2.71828



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

- 0.013
- 0.21
- 53
- 5500
- 11101
- 19300
- 778
- 72
- 33
- 1



II. Нанотрубочный 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.

II.1. При какой толщине плёнок катализатора доля двуслойных нанотрубок наибольшая (1 балл)?

- 1.1, 1.2
- 1.7, 1.93
- 1.5, 1.6
- 1.85, 1.86
- 1.74, 1.86
- 1.17, 1.19
- 1.1751, 1.4456



II.2. При какой толщине эта доля наименьшая (1 балл)?

- 0.8
- 1.6
- 1.7
- 1.73
- 1.76
- 1.81
- 1.815
- 1.83



II.3. При какой толщине плёнок катализатора более 3 / 4 полученных нанотрубок — однослойные (1 балл)?

- более 0.9 нм
- более 1.0 нм
- более 0.8 нм
- менее 1.2 нм
- более 1.5 нм
- менее 0.8 нм
- более 2.0 нм
- более 2.1 нм



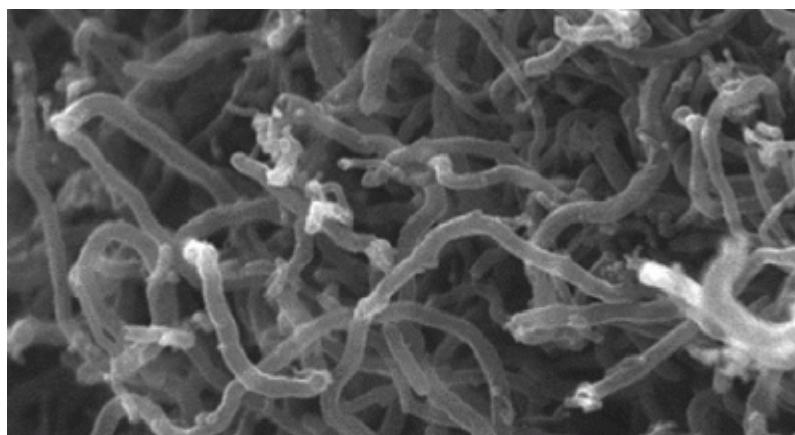
III. Колбы и скляночки (математика, НАЧИНАЮЩИЕ)

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.

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

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

- из 2 в 3, из 3 в 2, из 2 в 4, из 4 в 1, из 1 в 3
 - из 2 в 3, из 3 в 2, из 2 в 4
- из 2 в 4, из 3 в 2, из 4 в 2, из 4 в 1, из 1 в 3, из 1 в 4
 - из 2 в 1, из 3 в 4, из 2 в 4, из 4 в 1, из 1 в 3
 - из 3 в 1, из 2 в 3, из 2 в 4, из 4 в 2
 - из 2 в 1, из 4 в 2, из 1 в 4, из 3 в 1, из 2 в 3
 - из 3 в 2, из 2 в 4, из 4 в 1, из 1 в 3
 - из 3 в 2, из 2 в 4, из 4 в 1, из 1 в 3, из 3 в 4
- из 2 в 1, из 1 в 4, из 4 в 3, из 3 в 1, из 1 в 4, из 4 в 2



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.

IV. Двуслойные нанотрубки (математика)

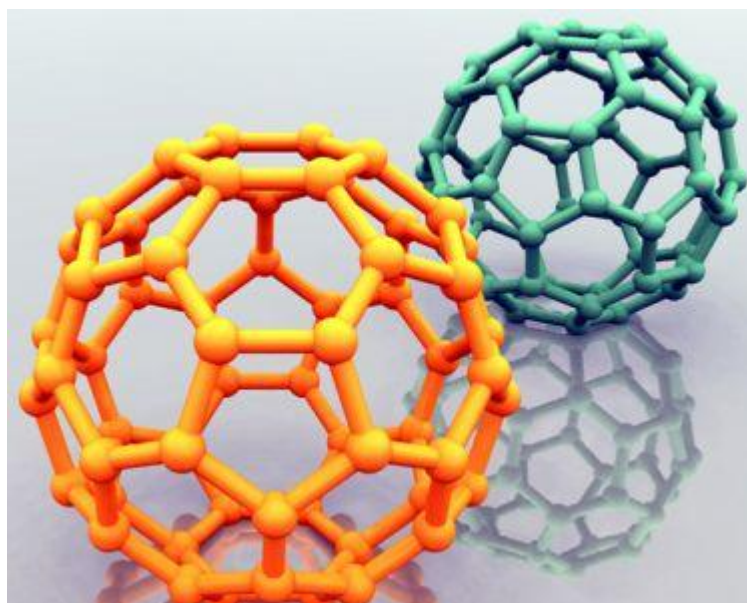
Двуслойная нанотрубка состоит из двух слоёв — однослойных нанотрубок, расположенных одна внутри другой. В этой задаче мы будем рассматривать только двуслойные нанотрубки, такие что хиральности их слоёв пропорциональны (то есть имеют вид (um, un) и (vm, vn) — целые числа).

IV.1. Выразите в файле ответов расстояние между слоями двуслойной нанотрубки через u, v, t и n (5 баллов).

IV.2. Найдите все тройки чисел $(t, n, \text{модуль}(u-v))$, для которых расстояние между слоями нанотрубки отличается от расстояния, полученного в предыдущем пункте, не более, чем на 5% (опишите это все в файле ответов, 5 баллов).

IV.3. Ниже найдите правильный вариант для расстояния между слоями нанотрубки, если её слои имеют хиральности $(7, 3)$ и $(14, 6)$ (2 балла).

- 0.5 Ангстрем
- 1 Ангстрем
- 3.48 Ангстрема
- 7.1 Ангстрем
- 1.1 нм
- 2.05 нм
- 2.15 нм
- 2.17 нм
- 3.5 нм



V. Гидрирование фуллеренов (математика)

С химической точки зрения, фуллерен C₆₀, все атомы углерода в котором находятся в sp² гибризованном состоянии, можно рассматривать как ненасыщенный углеводород.

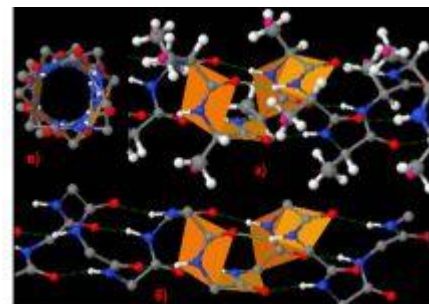
V.1. Рассчитайте, сколько связей C-C разрывается при гипотетическом полном гидрировании (без фрагментации углеродного скелета) углеводорода, содержащего A двойных связей и B циклов, с образованием предельного алкана C_nH_{2n+2} и укажите это вариант ниже (3 балла)?

V.2. В файле ответа напишите уравнение этой реакции (1 балл).

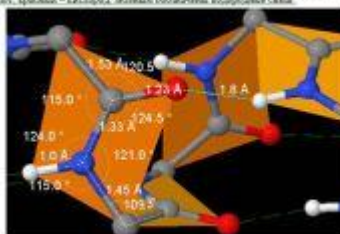
V.3. Напишите в файле ответов уравнение полного гидрирования фуллерена C₆₀, рассчитайте из имеющихся данных, какое количество связей C-C разрывается, сколько при этом двойных связей переходит в одинарные и сколько пятичленных и шестичленных циклов разрывается? Объясните в файле ответов полученный результат (3 балла).

- A
- B

- A+B
- A+2B
- 2A+B
- 2A+2B
- 2A
- 2B



α-спираль полипептида. А) общий вид, Б) только водородная связь. К1 вид показан, К2 вид показан. Цифрами обозначены: спираль — диаметр, длина — высота, ширина — шаг, красный — кислород, зеленый обозначены водородные связи.



Параметры водородной связи (длина между атомами лежат в одной плоскости).

VI. Наноспираль (математика).

(кликните картинку один раз, чтобы увеличить!)

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.

VI. 1. Основываясь на параметрах пептидной связи и способе ее укладки, примерно рассчитайте длину полипептида, состоящего из 20-ти аминокислотных остатков аланина (4 балла).

VI.2. В файле ответов укажите сделанные вами при расчете допущения. (3 балла)

- 1.15 нм
- 2.42 нм
- 2.47 нм
- 2.54 нм

- 2.56 нм
- 2.61 нм
- 3.18 нм
- 4.76 нм
- 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.

VII.1. Какое минимальное количество пяти- и шестиугольных граней может содержать фуллерен (обоснуйте в файле ответов, используя формулу Эйлера, 3 балла)

VII.2. Назовите правильную формулу самого маленького фуллерена, выбрав из ниже перечисленного (2 балла)

- C1
- C2
- C5
- C6
- C10
- C20
- C30
- C40

- C60
- C70



VII.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)

VII.4. Предложите в файле ответов варианты геометрического построения изомеров фуллерена C_{2n} при «димеризации» рассмотренных ранее структур C_n . (3 балла)

VII.5. Можно ли считать данные структуры нанообъектами 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)

VII.6. Какой размер для самого маленького фуллерена у Вас получился, дайте наиболее подходящий ответ из ниже перечисленных? (1 балл)

- 0.4 нм
- 0.75 нм
- 0.8 нм
- 1.1 нм
- 1.3 нм
- 1.6 нм
- 2.3 нм
- 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 E состоит из сферических наночастиц со средним диаметром 33 нм. Он растворим в соляной и азотной кислотах, притягивается магнитом. Порошок E с диаметром частиц более 1 мкм можно получить выпариванием раствора вещества А и последующим его нагреванием до 900 градусов Цельсия. Вещество E представляет собой рудный минерал.

VIII.1. В файле ответов назовите возможные вещества А, В, С, D, E, учитывая, что фильтрат после отделения E 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)

VIII.2. Ниже укажите, какую комбинацию цветов, скорее всего, имеют вещества А и В, когда находятся в кристаллическом состоянии (2 балла).

- ядовито - желтый и малиновый
- серый и красный
- черный и темно - фиолетовый
- красный и оливковый
- светло - зеленый и бледно - фиолетовый
- коричневый и аквамаиновый
- изумрудный и фуксиновый
- оранжевый и золотистый

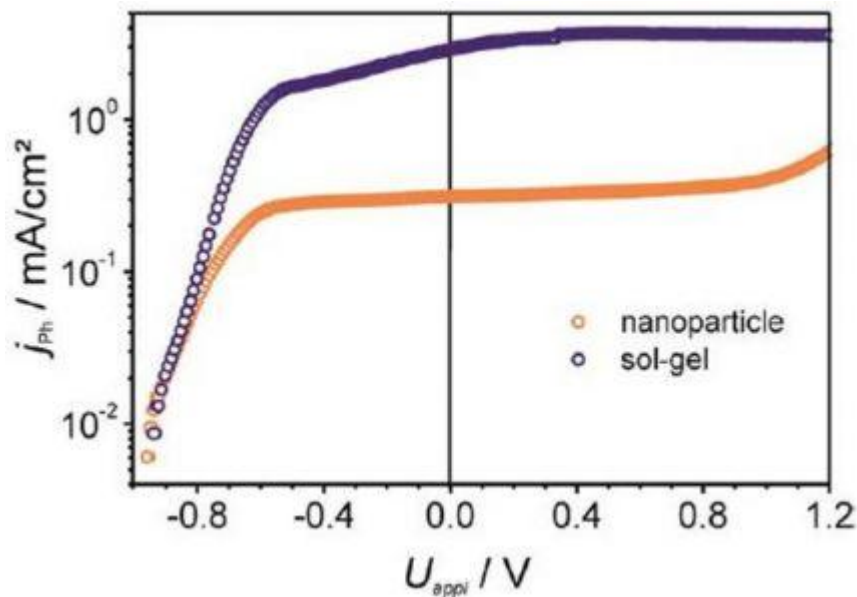


IX. У вас нет диоксида титана? Тогда мы идем к вам! (химия, НАЧИНАЮЩИЕ)

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.

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

- при выдерживании в холодильнике
- при выдерживании в течение суток на солнечном свете
 - при легировании азотом
 - при перетирании
 - при растворении в воде
- при растворении в азотной кислоте
- 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 объёмных 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.

IX.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.

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

- различий на графиках нет
- существенно изменяется кислородная нестехиометрия
- существенно изменяется содержание титана
- в материалах присутствуют различные примеси
- в материалах в несколько раз различается содержание гидратной воды

- материалы имеют различный характер расположения частиц и их взаимных контактов
- 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 RJ. Для соответствия образу он решил радикально позолотить свои дреды. Все пять штук сразу. Промыв их ацетоном и затем водой (1), RJ 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 RJ 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.

Х.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)

Х.2. Какое из веществ (компонентов), входящих в состав человеческих волос было изначально ответственно за успех всей операции (3 балла)?

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

- цистин
- липиды
- вода
- глутамин
- аргинин
- аланин
- серин

- ВАЛИН
- ЛИЗИН



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

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.

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

XI.1. Какой именно дом хотел построить герой стиха, дайте ниже правильный вариант ответа. (3 балла)

XI.2. Поясните в файле ответов, почему такие дома так называют (5 баллов)

- прочный
- умный
- белый
- стерильный
- самовосстанавливающийся

- самовоспламеняющийся
- самоочищающийся
- скользкий
- съедобный



XI.3. Что было куплено, дайте ниже правильный вариант ответа (картинка 1)? (3 балла)

XI.4. В файле ответов укажите возможную формулу купленного вещества и дополнительно поясните, в чем может заключаться его полезная роль на картинке 1 (5 баллов).

XI.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).

- пестицид
- наркотик
- удобрение
- антибиотик
- гелеобразующий агент для гидропоники
- суперклей
- биологически активная добавка
- поверхностно - активное вещество
- анальгетик
- колония нанороботов



XI.6. Из какого материала должен быть сделан шпатель, чтобы посинеть (картинка 4), выбирайте ниже один, самый правильный, ответ. (3 балла)

XI.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).

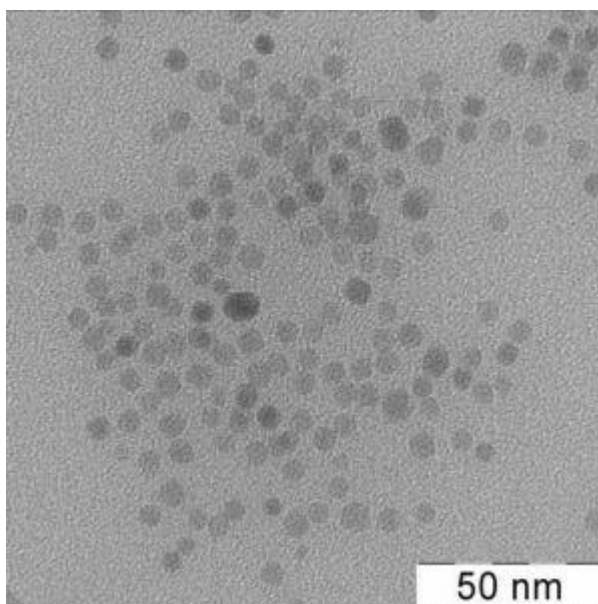
- обязательно из железа
- можно из никеля
- из цинка (ну хотя бы оцинкованный шпатель!)
- из кобальта
- из марганца
- потенциально - из любого выше перечисленного материала
- этого материала тут нет



XI.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)

XI.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).

- потолка
- пола
- дверей
- кухонного стола
- плитки в ванной комнате
- окон
- бронеключа



ХИИ. 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.

ХИИ.1. Предложите в файле ответов Ваши варианты высококипящего растворителя и окислителя, обосновав это предложение (5 баллов).

ХИИ.2. В файле ответов укажите также, что еще, кроме карбонила железа, можно было бы взять в качестве железо - содержащего реактива (3 балла).

ХИИ.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)

- 0.11
- 1.11
- 11.1
- 21
- 25
- 2.5
- 0.25
- 50
- 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 нанопроекторе. 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 градусов С, он припаял золотые контакты. Плотность золота равна $19,32 \text{ г/см}^3$.

ХIII.1. В файле ответов запишите уравнения произошедших реакций (5 баллов)

ХIII.2. Рассчитайте расстояние между наночастицами контактов, если наночастицы распределены абсолютно равномерно, найдите правильное значение из ниже перечисленных (5 баллов).

- 5 нм
- 7 нм
- 9 нм
- 11 нм
- 120 нм
- 125 нм
- 256 нм

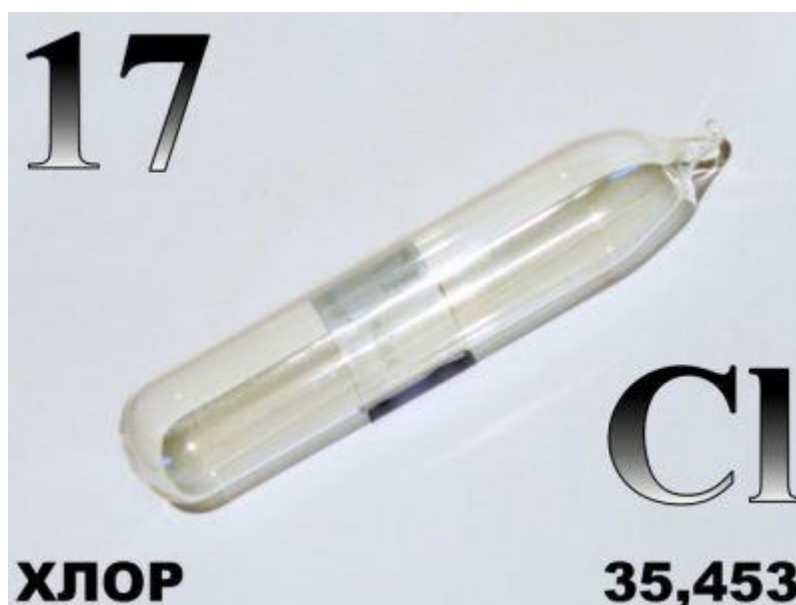
- 301 нм
- 356 нм



XIII.3. В файле ответов напишите, для чего используется ДНК-пушка? (3 балла)

XIII.4. Определите кинетическую энергию летящих из ДНК-пушки наночастиц в Джоулях на 1 частицу (2 балла).

- 1.1
- 187
- $2.02 \cdot 10^{-18}$
- $1.05 \cdot 10^{-18}$
- $2.95 \cdot 10^{-23}$
- $2.05 \cdot 10^{-13}$
- $6.6 \cdot 10^{-11}$
- 75 мДж
- 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.

XIV.1. Определите молекулярную формулу этого соединения (2 балла).

- C60C11
- C60C12
- C60C13
- C60C14
- C60C15
- C60C16
- C60C17
- C60C18
- C60C112
- C60C116



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.

XIV.2. Укажите, выбрав ниже правильный вариант, величины m/z для молекулярного иона В (3 балла).

XIV.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).

- 170, 172 и 174
- 454, 456 и 458
- 730, 732 и 734
- 768, 770 и 772
- 802, 804 и 806
- 890, 892 и 894
- 904, 906 и 910
- 948, 950 и 952
- 974, 976 и 978
- 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.

XV.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)

XV.2. Ниже дайте самый правильный (самый естественный и вероятный) вариант ответа, зачем нужно ЭТО готовить (2 балла)? В файле ответов дополнительно напишите, как ЭТО можно использовать? (3 балла)

- для создания космических аппаратов
 - для работы ГЛОНАС
- для мытья волос в парикмахерской
- для создания омолаживающей косметики
- для создания автомобильных шампуней
- для приготовления изотонических растворов
- для создания кровоостанавливающих повязок
- для разработки рецептов пероральных болеутоляющих средств



XVI. Фармакопея (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.

XVI.1. Дайте в файле ответы рекомендации, какие испытания и исследования действия этих препаратов следует провести перед тем, как выпускать в продажу (3 балла)? Какие свойства клеток и каких именно клеток наиболее вероятно будут изменяться под действием созданных препаратов (2 балла)?

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

- клетки головного мозга
- красные кровяные тельца
 - фибробласты
 - эпидермис

- иммунные клетки, клетки кишечных ворсинок
- клетки костного мозга



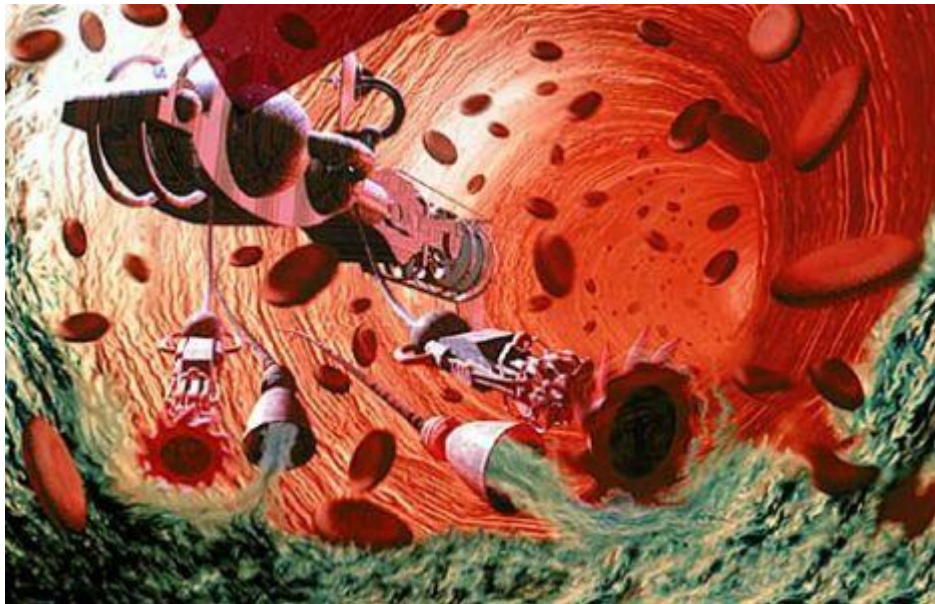
XVII. Шепот (биология, НАЧИНАЮЩИЕ)

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».

XVII.1. Что за шепот имеется ввиду, укажите ниже правильный вариант (2 балла).

XVII.2. В файле ответов опишите, как клетки шепчутся, какие «шепотинки» могут передаваться из клетки в клетку (3 балла)? Какими наноструктурами обеспечивается такой шепот (2 балла)? Что происходит при повышении концентрации Ca^{2+} в одной из клеток (4 балла)?

- передача химических веществ из клетки в клетку через щелевые контакты
 - ультразвуковые колебания
 - инфразвуковые колебания
 - электромагнитные колебания
- передача фотонных импульсов при хемолюминесценции
 - передача тепловых колебаний (фононов)
 - высокочастотные колебания
 - гравитационные колебания
 - упругие колебания окружающей среды
 - обмен фосфолипидными мембранами



XVIII.

Нанотела

(биология)

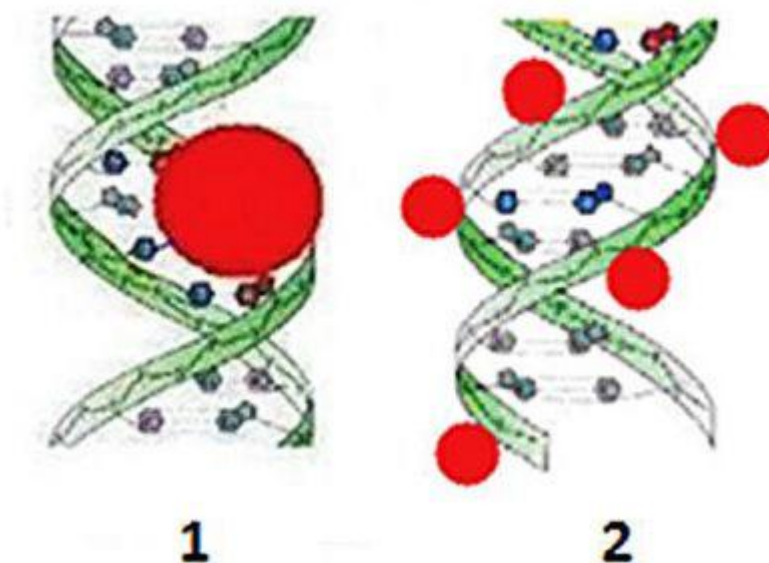
Наноалмаз, наноуглерод, нанокластеры... Чего только не придумали с приставкой "нано"! Очень много терминов родилось и умерло за это время, хотя кое - какие заслуженно (или незаслуженно) остались.

XVIII.1. А вот что такое нанотела, укажите наиболее подходящий вариант ниже (2 балла).

XVIII.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). Опишите в общем виде схему их получения, если она уже существует (1 балл). Каковы возможные применения нанотел, в чем их преимущества и недостатки по сравнению с функциональными аналогами (3 балла)? Сравните их свойства (стабильность, растворимость, биодоступность, время жизни в организме) (2 балла). Как нанотела можно «спрятать» от иммунной системы организма (2 балла)? 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).

- нанороботы ("серая слизь")
- любые наночастицы
- наночастицы округлой формы
- изолированные наночастицы
- вирусы ("зеленая слизь")
- глобулярные белки
- переменные части «упрощенных» антител
- красные кровяные тела

- фагоциты
- везикулы



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 <1300 г/моль) и синтезируется из самого известного соединения этого класса веществ Y в две стадии. X не содержит связей С-Н. Предполагают, что X может связываться как с большой канавкой ДНК, так и с ее полифосфатным остовом (см. рисунок).

XIX.1. Определите молекулярную формулу X, выбрав ниже подходящий вариант (2 балла), а в файле ответов назовите вещество, приведя расчеты (3 балла).

XIX.2. Укажите в файле ответов, почему молекула X может располагаться только в большой, но не малой канавке ДНК (2 балла)?

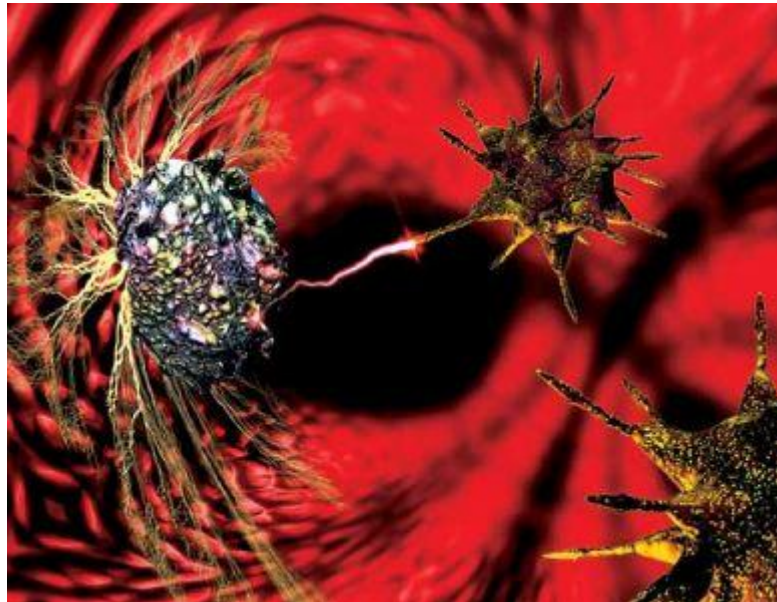
XIX.3. В файле ответов объясните, при помощи какого типа связей формируются комплексы X-ДНК, представленные на рисунке, и почему именно эти связи участвуют во взаимодействии? (2 балла)

XIX.4. При приготовлении водных растворов X для внутривенного введения к ним приходится добавлять поверхностно - активные вещества. В файле ответов поясните, зачем так делают (2 балла).

XIX.5. В файле ответов дополнительно укажите, каковы возможные препятствия к использованию X в медицинской практике. (2 балла)

- C₁₀H₆₆O₂
- C₁₃H₃₄O₁₃

- (CHO)_n
- C_{2n}H_{2n}+2O_{3n}
- (C₁₅H₆O₆)_n
- CH₃COOH
- C₂H₅OH
- C₂₄H₄₈O₃₂



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?

XX.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)

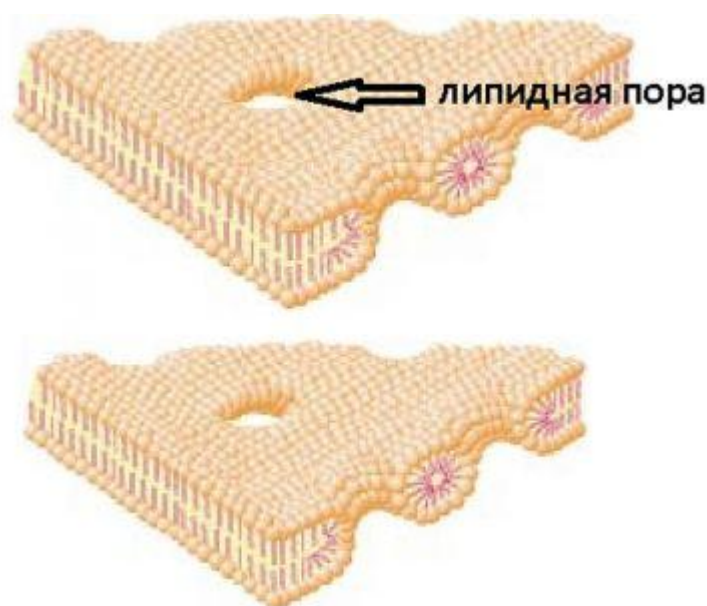
XX.2. Укажите в файлах ответов, в чем «Гулливер» похож на бактерии и чем отличается от них?(1 балл)

XX.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)

XX.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)? Если такой запуск синтеза, в конечном счете, может приводить к гибели клетки, где этот вирус может быть использован? (2 балла). Другой вирус-«лилипунт» не может ни самостоятельно запустить свой синтез, ни самостоятельно встраиваться в ядро клетки. Что должно произойти, чтобы начался синтез вирусных структур (1 балл)? Где может быть использован второй вирус, укажите нужный вариант ниже. (2 балла)

- в пищевой промышленности
- для разведения грибов
- в качестве отравляющего вещества
- вектор в генной инженерии
- для очистки водоемов
- для уничтожения разливов сырой нефти
- 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.

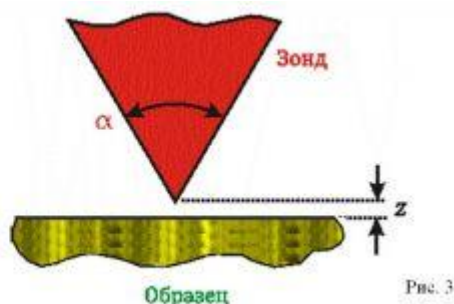
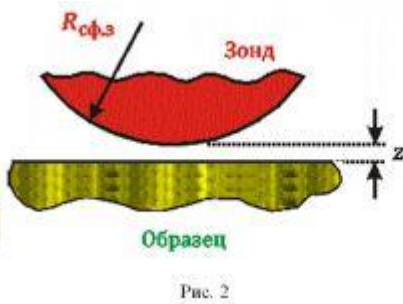
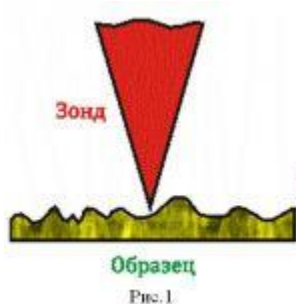
XXI.1. Напишите в файле ответов, какие факторы могут привести к образованию сквозной гидрофильной поры (сквозного отверстия в мембране) (1 балл).

XXI.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) Какую форму должны иметь мембранные поры и почему? (1 балл) 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). 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)

XXI.3. Какое практическое применение могут иметь методы, вызывающие образование пор в мембране, выберите самый правильный вариант ниже (3 балла).

- лечение вирусных инфекций
- электростимуляция размножения клеток
- подавление онкологических заболеваний
- получение "клеточного бульона"
- выделение цитоплазмы
- искусственное выделение хромосомного аппарата
- доставка плазмидной ДНК в генной инженерии, доставка наночастиц, электрослияние клеток
- улучшение клеточного "дыхания"



XXII. От атомов - к телам (физика)

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 ван-дер-ваальсовыми.

XXII.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)

XXII.2. Укажите другое, «жаргонное», название потенциала Леннарда – Джонса, выбрав один из вариантов ответов ниже (2 балла).

- потенциал 6-12
- потенциал 7-40
- потенциал 5-13
- потенциал 8-42
- гравитационный потенциал
- кулоновский потенциал
- электростатический потенциал
- диффузионный потенциал

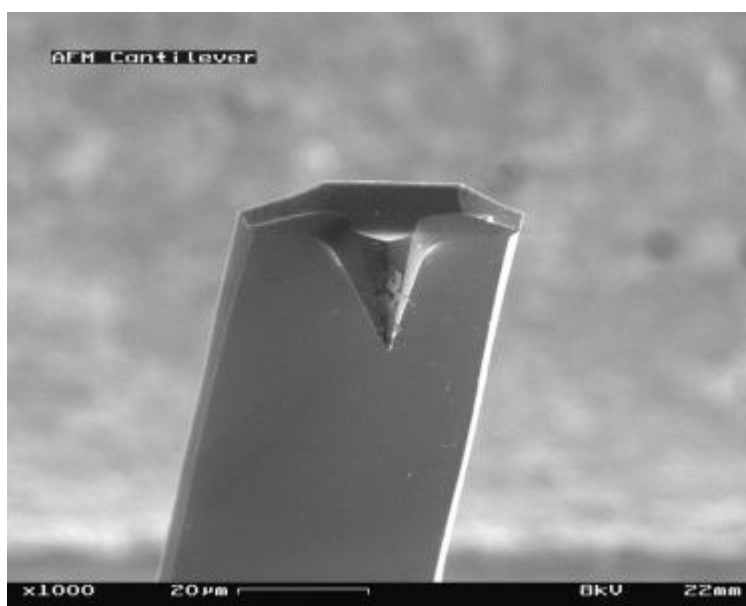


Потенциал Леннарда-Джонса, как уже говорилось, хорошо описывает взаимодействие между двумя частицами. Сами частицы при этом должны иметь размеры много меньшие, чем расстояние между ними. Этот потенциал хорошо описывает взаимодействие отдельных атомов и молекул, а также силы, возникающие между ними. Однако 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.

XXII.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) 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 альфа (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) 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)

XXII.4. Укажите, в каком из ниже перечисленных случаев Ваши рассуждения будут, скорее всего, оставаться в силе (3 балла).

- исследование «жесткого диска» иглой с напыленным слоем никеля
 - атомно – биологическая микроскопия
- исследование кристалла сегнетовой соли проводящим зондом
 - исследование твердости подложки алмазным зондом
 - исследование слюды кремниевым кантилевером
 - ближнепольная микроскопия
- 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 (W2C, 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 W2C. 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 (Si3N4). 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.

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

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

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



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

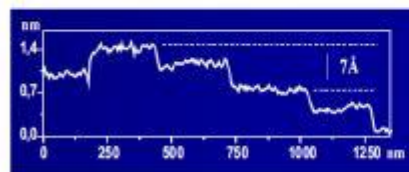


Рис. 2. Результат сканирования рельефа поверхности графита. По горизонтальной оси отложено расстояние в нанометрах, а по вертикальной оси – высота, отсчитываемая от нулевого горизонтально-выделенного уровня. На графике показан пикетаж высот, дающий 7 ангстрем, или 0,7 нм.

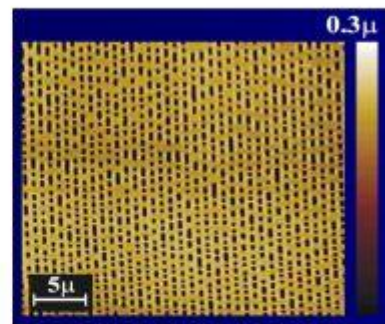


Рис. 3. Результат сканирования рельефа поверхности графита в масштабе микрометров. На цветовой шкале показано соотношение цвета изображения участка образца и его высоты над нулевым уровнем (подобно карте). Как на географической карте цветом обозначается высота местности над уровнем моря.

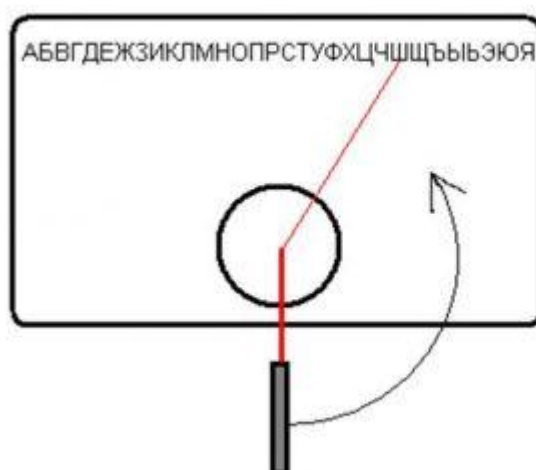
(кликните на картинку один раз, чтобы увеличить и рассмотреть ВНИМАТЕЛЬНО график)

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).

XXIII.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).

XXIII.4. Так какие кантилеверы лучше использовать для решения предыдущего вопроса (3 балла)?

- 1 и 5
- 1 и 4
- 1, 2, 3, 4, 5
- 4 и 5
- 2 и 3
- 1, 2, 5
- 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

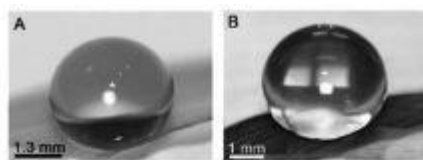
терять форму, он решил составить послание связному, причём сделать его традиционно необычным.

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 хрусталя, 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.

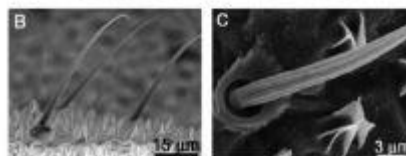
XXIV.1. В файле ответов поясните, какие из присланных предметов были необходимы для чтения послания, а какие – нет (1 балл). Что увидел на рентгеновском снимке связной (1 балл)? Что было бы, если бы связной взял зелёную лазерную указку (2 балла)? В каком случае плотность записи информации выше: при использовании красной или зелёной указок (1 балл)? Можно ли записывать информацию в разных направлениях, меняя угол падения луча не только в горизонтальной, но и вертикальной плоскостях (2 балла)? Предложите способы введения золотых нанопластинок в массив хрусталя (2 балла).

XXIV.2. Почему луч лазерной указки при определённом положении не выходил из хрустального шара? Как называется это явление (3 балла)?

- гигантское комбинационное рассеяние
 - дифракция
 - интерференция
- полное внутреннее отражение
 - преломление света
- фотохимическое взаимодействие
- поверхностный плазмонный резонанс



На Рисунке 1 приведены оптические фотографии крыльев термитов в разных видах с каплями воды на их поверхности.



На Рисунке 2 приведены фотографии тех же крыльев при существенно больших увеличениях.

XXV. Очень хитрые термиты (физика)

(кликните один раз на картинку, чтобы увеличить и оценить все необходимые линейные размеры)

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!

XXV.1. В файле ответов укажите, о каком эффекте идёт речь (1 балл). 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 Рисунке 1 приведены оптические фотографии крыльев термитов разных видов с каплями воды на их поверхности. На Рисунке 2 приведены фотографии тех же крыльев при существенно больших увеличениях.

XXV.2. Оцените в файле ответов, на какую величину волоски на поверхности крыльев должны прогнуться под тяжестью капли воды на Рисунке 1, если жёсткость одного волоска, определённая с помощью атомно-силовой микроскопии, равна $0,172 \text{ Н/м}$. Решение приводить на основе предоставленных в этой задаче иллюстраций и данных (5 баллов). В файле ответов объясните также, как будет влиять нанесение на волоски различных тонких и толстых покрытий на их смачивание водой (3 балла). На Рисунке 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)

XXV.3. *Ниже укажите правильный вариант ответа по поводу линейного изменения волосков под весом капли (наиболее близкий к полученному Вами по величине, 3 балла).*

- 1 нм
- 7 нм
- 20 нм
- 90 нм
- 530 нм
- 3 микрона
- 7 микрон
- 9.5 микрон