

12+

ISSN 2221-2353

Химия Биология Медицина

ПОТЕНЦИАЛ

Журнал для старшеклассников и учителей

Sapere Aude – Дерзай знать!

Июль-Сентябрь 2022 №3 (85)

Quelques couleurs de la
FLUORITE

Enkele kleuren van
FLUORIET

Химия

Биология

Медицина

Олимпиады

**Исследовательская
деятельность**

Эксперимент

Хочу быть



ДИСТАНЦИОННЫЕ КУРСЫ СУНЦ МГУ

объявляют набор учащихся 2–11 классов на 2022–23 учебный год.



Основная задача Дистанционных курсов (ДисК) – развитие интереса школьников к математике, физике, информатике, химии и биологии, а также повышение общеобразовательного уровня учащихся. Практикуется углубленное изучение предмета как науки. Дистанционные курсы не ставят своей целью подготовку учащихся к поступлению в СУНЦ МГУ или МГУ.

Обучение в 7–11 классах проводится по пяти основным предметам: математика, физика, информатика, химия и биология – и по двум дополнительным: география и английский язык. Учащиеся могут выбрать для изучения любое количество предметов. Для младших школьников (2–6 классы) предусмотрены курсы по математике.

Принимаются также группы «Коллективный ученик» – это группы школьников под руководством учителя или преподавателя кружка, изучающие курс и выполняющие каждую контрольную работу вместе (одну на всех).

Обучение на ДисК полностью заочное. Материалы курсов размещаются на нашем сайте <https://cdo.internat.msu.ru/>. Каждый курс представляет собой комплекс блоков (модулей, тем), которые могут содержать текстовую информацию, иллюстрации, видеофрагменты, примеры решений задач, тесты различного характера и задачи для тренировки, дополнительные ссылки и т.п. В курсах для младших школьников предусмотрены видеолекции. Каждый блок завершается контрольной работой. За семестр необходимо выполнить, в зависимости от курса, от двух (больших) до семи (маленьких) контрольных работ. Краткие программы, описания курсов и примеры материалов можно посмотреть по кнопкам-ссылкам справа на главной странице ДисК <https://internat.msu.ru/distantsionnoe-obuchenie/distance-courses/>.

Решение контрольной работы учащийся загружает на сайт в установленный срок в виде файла, преподаватель дает по работе обратную связь. Через сайт также можно задавать вопросы преподавателю.

Официальное начало обучения – 1 октября, однако прием учащихся продолжается до февраля. Те, кто зачислен позже 1 октября, имеют возможность догнать остальных при ускоренном темпе обучения. Официальное окончание обучения – 30 апреля. Обучение может по желанию учащегося продолжаться вплоть до конца июня (доступ будет действовать), но все итоги подводятся по состоянию на 30 апреля. Учащиеся, успешно выполнившие задания и получившие зачеты, в конце мая получают сертификат.

Запись на курсы свободная, обучение платное. Для зачисления необходимо зарегистрироваться в Личном кабинете СУНЦ МГУ, ознакомиться с текстом договора, оплатить обучение и прислать на наш электронный адрес cdo@internat.msu.ru копии квитанций и сведения об учащемся (см. инструкцию на <https://internat.msu.ru/distantsionnoe-obuchenie/distance-courses/poryadok-oplaty-obucheniya-na-distantsionnyh-kursah-sunts-mgu/>).

Подробную информацию о ДисК см. на <https://internat.msu.ru/distantsionnoe-obuchenie/zaochnaya-shkola-sunts-mgu/> и по ссылкам с этой страницы.

ПОТЕНЦИАЛ

Химия Биология Медицина

Содержание

Июль-Сентябрь № 3 (85) 2022

Колонка редактора

- 2** Осенние развлечения. *Н.И. Морозова*

Химия

- 3** Алмаз в наномире. *И.И. Кулакова, Н.И. Морозова*

Биология

- 11** Зимние членистоногие. *А.В. Шамрина, П.Н. Петров*

Медицина

- 15** Если бы COVID-19 был компьютерным вирусом. *М.М. Кондаков, Д.М. Рычкова*

Олимпиады

- 23** Задания Проектной химической олимпиады 2021-22 для 10 класса (1 тур). *Н.В. Мещеряков*
32 Второй тур Интернет-олимпиады СУНЦ МГУ 2021-22: задания по химии. *Н.И. Морозова, В.В. Загорский*
36 LXXXVIII Московская олимпиада школьников по химии (11 класс). *Л.В. Ромашов*

Исследовательская деятельность

- 47** Бальзам для волос из аллоэ древовидного с наночастицами серы. *К.К. Гликзон, С.С. Несвит, Д.Д. Шаульская, У.А. Петрова, С.Д. Иванова, О.В. Петрова*
58 Композиционный материал на основе наночастиц меди для переработки углекислого газа. *Д.Ю. Дорофеев, Е.Н. Грибанов, Т.Н. Никитина*

Эксперимент

- 63** Субмикронные частицы и наночастицы углерода: получаем в школе и дома. *С.А. Кондратьева*

Хочу быть

- 73** Вычислительная химия. *А.А. Анисимов*

Калейдоскоп

- 79** Кроссворд «Болезни печени». *А.В. Табачных, Г.Н. Журавлева*

Редколлегия

Главный редактор М.Г. Сергеева
Научные редакторы Н.И. Морозова,
Л.Н. Оболенская
Ответственный секретарь
Л.С. Михайлюк
Шеф-редактор Г.А. Четин

Техническая редакция

Редактор А.С. Сигеев
Вёрстка А.С. Сигеев
Редактор-корректор Н.И. Морозова
Художник И.И. Семенюк

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77-43475 от 14 января 2011 года.

Адрес: 109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84,
редакция журнала «Потенциал. Химия. Биология. Медицина».
Тел. (495) 768-25-48, (495) 951-41-67
E-mail: potential@potential.org.ru
Сайт: www.edu-potential.ru

Подписано в печать 23.09.2022

Усл. печ. л. 5

Формат 70х100 1/16

Заказ № 319

Электронная версия.

ООО «Азбука-2000»

109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84

Журнал издаётся на средства выпускников МГУ им. М.В. Ломоносова.

ISSN 2221-2353

Колонка редактора



Морозова Наталья Игоревна
Научный редактор журнала

Наномир – рядом с нами

Слово «нано» стало модным в конце XX века, хотя наночастицы существовали всегда. Коллоидные частицы естественного происхождения с размером от 1 до 100 нм как раз попадают под это определение (более крупные коллоидные частицы – от 100 до 500 нм – относят к субмикронным). Естественные коллоиды – это дым, пыль, туман... Так что с наночастицами встречался каждый.

Почему же о наночастицах заговорили лишь на исходе прошлого века, придумав для них даже специальное название? Потому что появились технические возможности достаточно глубоко изучать их, и оказалось, что в наномасштабе свойства вещества крайне сильно зависят от размера частицы. Были выявлены удивительные особенности наночастиц – например, чудесные каталитические свойства, необычные оптические свойства, самоорганизация в нанокристаллах... А на следующем этапе учёные стали придумывать способы использовать эти ценные свойства, и началось развитие на-

нотехнологий. Эта отрасль быстро прогрессирует и до сих пор сулит большие перспективы.

Еще в начале века нанохимией занимались лишь серьезные исследователи в продвинутых лабораториях. Однако и популяризация науки делает свое дело, и новые методы и материалы со временем становятся доступными обычному человеку. Сейчас нанохимия вызывает интерес у многих школьников, и не только теоретический. В этом номере и в следующих мы подготовили для вас несколько статей как о современных наноматериалах, так и о том, как можно получить наночастицы в школьной лаборатории и применять их на практике в самых разных областях. А тем, кто хочет еще больше узнать о наномире, мы рекомендуем замечательный портал нанотехнологического сообщества <http://www.nanometer.ru/>. Кроме материалов Всероссийской Интернет-олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в будущее!», на нем публикуются разнообразные научно-популярные статьи и новости с переднего края науки.

ХИМИЯ



Кулакова Инна Ивановна

Кандидат химических наук (1962 г.), доцент, ведущий научный сотрудник Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (лаборатория органического катализа). Научные интересы: органический катализ, химия углеродистых веществ (алмаз, графит, углеводороды нефти и газа, углеродные наноматериалы) и вопросы их образования в природных и лабораторных условиях. Имеет более 450 публикаций, в том числе 12 авторских свидетельств и 8 патентов.

Морозова Наталья Игоревна

Кандидат химических наук, доцент СУНЦ МГУ. Основное занятие – преподавание химии 11-классникам, методическая работа, научная работа в области радиохимии и органического катализа, организация дистанционного обучения и очных мероприятий для школьников.



Алмаз в наномире

Углеродные вещества и материалы чрезвычайно многообразны из-за уникальной особенности атома углерода связываться ковалентными связями в цепочки, плоские и трехмерные сетки, образуя различные аллотропные формы полимерного углерода. Они могут быть как природного (графит, алмаз), так и искусственного происхождения (фуллерены, нанотрубки, стеклоуглерод). В последние десятилетия привлекают внимание новые углеродные материалы: углерод-углеродные композиты, пористые углеродные материалы (сibunит, волокнистый углерод); углеродные наноструктуры (детонационный наноалмаз, углеродные нанотрубки, графен, углеродные нановолокна).

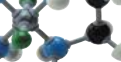
Обзор наноструктур углерода мы начинаем в этой статье с детонационного наноалмаза.

Синтез алмаза

Алмазы издавна добывают из недр Земли, но их можно получить и искусственно. Впервые алмаз был синтезирован в 1953 г. из графита методом стати-

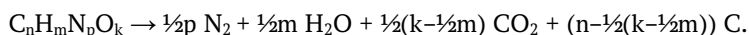
ческих сверхвысоких давлений. Для этого понадобилось давление 80 тысяч атмосфер при температуре 2500 °C¹. Присутствие металлов-катализаторов, растворя-

¹ О перипетиях изучения и синтеза алмаза можно прочитать в статье: Морозова Н.И. Неисчерпаемый углерод: алмаз. // Потенциал. Химия. Биология. Медицина, 2013, № 6, с. 9–15.



ющих углерод – Cr, Mn, Fe, Co, Ni, – снижает температуру синтеза. Синтезировать алмаз при статическом давлении можно не только из графита, но и из других углеродсодержащих веществ различной природы, например, углеводородов (ароматических и неароматических), углеводов и др.

В *динамическом синтезе* реакционная масса, представляющая собой графит или иной углеродсодержащий материал, либо их смесь с металлами, подвергается кратковременному ударному воздействию, причем температура, в отличие от статического синтеза, не может быть выбрана произвольно, а является следствием состояния исходного материала и давления ударного сжатия.



В результате получают детонационные наноалмазы (ДНА) – сравнительно новый и весьма перспективный для практического использования углеродный наноматериал.

Синтез алмаза из газовой фазы возможен, если в ней содержатся углеродсодержащие молекулы или их фрагменты. При этом алмазное вещество может осаждаться как на гранях затравочных алмазных кристаллов или на алмазных пластинках, так и на подложках из неалмазных материалов. Синтез происходит при давлениях и температурах, соответствующим

Различают несколько вариантов динамического синтеза. Во-первых, это собственно динамический синтез, в котором исходные вещества (графит, сажа или различные органические вещества) помещают в прочные металлические контейнеры и подвергают воздействию ударных волн, генерируемых детонацией взрывчатых веществ или ударом пластин, разгоняемых продуктами детонации. Во-вторых, метод, основанный на детонации смесей взрывчатых веществ с превращаемым материалом. И наконец, получение алмазов в охлаждающей среде при детонации конденсированных взрывчатых веществ с отрицательным кислородным балансом (например, тринитротолуола), т. е. разлагающихся с выделением «свободного углерода»:

В области неустойчивости алмаза на фазовой диаграмме углерода. Поэтому долгое время этот метод называли «метастабильным синтезом алмаза», а полученный таким образом алмаз – метастабильным, это название иногда употребляют и сейчас. Такой химический синтез алмаза можно осуществить при атмосферном давлении и температурах 600–1000 °С из CO, смесей CO + H₂, CH₄ + CO₂ и др.

В настоящее время описанные методы получения синтетических алмазных материалов реализованы в промышленных масштабах.

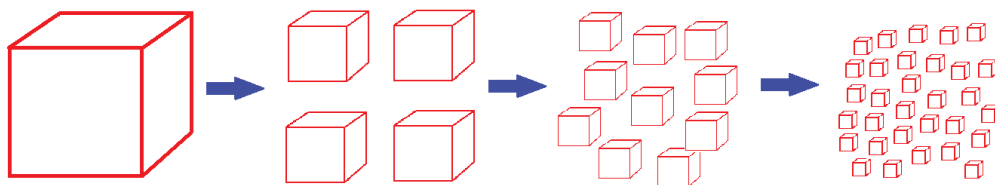
Чем отличается наноалмаз от обычного алмаза?

Свойства углеродного материала зависят не только от его структуры (углеродной матрицы), но и от химического состояния его поверхности. На поверхности есть «оборванные» связи (свободные валентности, «болтающиеся связи»), образующиеся при разрыве ковалентных связей кристаллической решетки, и по этим связям присоединяются те или иные функциональные группы. В зависимости от структуры углеродного материала количество этих связей разное, следовательно, различается и концентрация локализуемых на них функциональных групп.

В случае графита доля поверхностных атомов углерода, имеющих незавершенные связи, невелика. Это атомы углерода, находящиеся на призматических гранях кристалла графита (в «торцах» слоев). Атомы на базальных гранях кристалла (в слое графита) образуют конденсированную ароматическую систему и не имеют свободных связей. А вот в случае алмаза получить поверхность без функциональных групп практически невозможно. Даже при раскалывании кристалла алмаза в высоком вакууме только 1–1,5% поверхностных ато-

мов углерода имеют неспаренный электрон. Остальная часть оборванных связей рекомбинирует (образуются двойные связи), что приводит к реконструкции поверхности, т. е. алмазная поверхность превращается в графитовую.

Если подвергать кристалл последовательному измельчению, то будет расти общая поверхность вещества и, следовательно доля атомов на поверхности частиц от общего числа атомов в частице (табл. 1).



Диспергирование (измельчение) твердого тела

Табл. 1. Рост величины поверхности при дроблении твердого тела

Размер, см	Число частиц	Поверхность, см ²
1	1	6
10 ⁻¹ (т. е. 1 мм)	10	60
10 ⁻⁴ (т. е. 1 мкм)	10 ¹²	6·10 ⁴

Дробление любого ковалентного кристалла сопровождается разрывом ковалентных связей и образованием свободных валентностей, так называемых «болтающихся связей», которые насыщаются при взаимодействии с внешней средой теми или иными функциональными группами.

На практике очищенный ДНА представляет собой черный или темно-серый порошок. Глядя на него, даже трудно поверить, что он имеет хоть какое-то отношение к алмазу в нашем обывательском представлении.

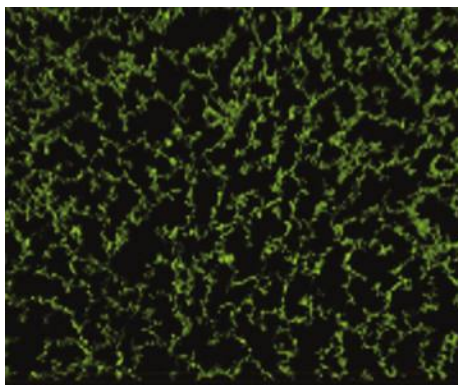
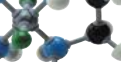
С помощью криоэлектронной микроскопии можно увидеть структуру порошка ДНА: объемные и цепочечные агрегаты. При этом экспериментально показано, что агрегаты различаются по раз-

мерам и прочности. Метод просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения позволил определить размеры первичных наночастиц и увидеть их кристаллическую структуру.

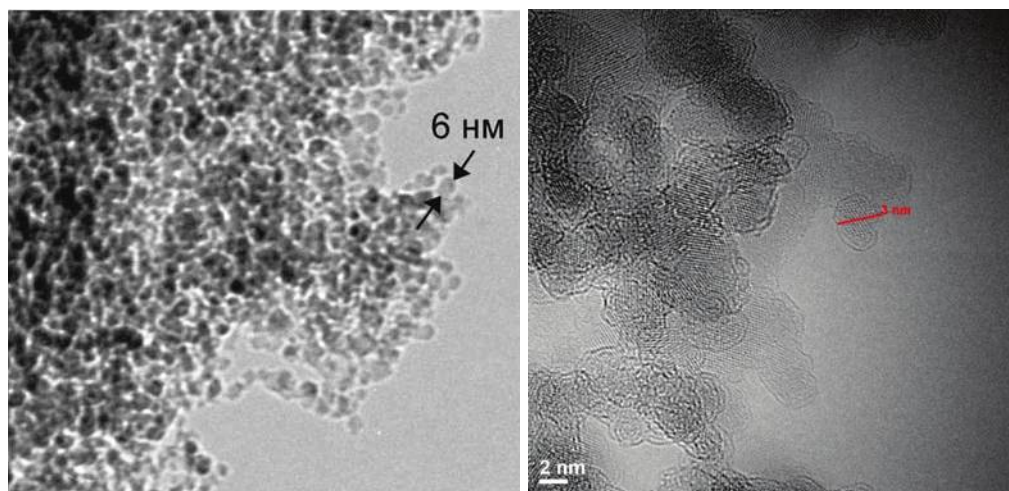


Порошок ДНА в чашке Петри

² Криоэлектронная микроскопия – это форма просвечивающей электронной микроскопии, в которой образец исследуется при криогенных температурах (обычно в жидком азоте).



Изображение порошка ДНА, полученное с помощью криоэлектронной микроскопии³



Изображения наночастиц после возгонки из водной суспензии промышленного ДНА, полученные с помощью просвечивающей электронной микроскопии, справа хорошо видна кристаллическая структура

В составе порошка ДНА есть значительные количества кислорода (до 4 %), водорода (0,5–2,0 %) и азота (2–3%). Эти элементы входят в состав молекул, сорбированных (физически удерживающихся) на поверхности алмазных частиц – например, CO , CO_2 , N_2 , H_2O , они могут находиться как на доступной поверхности, так и быть замурованы в «захлопнутых» порах агрегатов ДНА. Но часть атомов O , N и H химически связана с алмазом, они находятся в составе функциональных поверхностных групп и уже яв-

ляются не примесями, а неотъемлемой частью «супермолекулы» ДНА. Функциональные группы можно разрушить, обменять на другие, но они всегда есть на поверхности ДНА, так же как и на макрокристаллах и зернах порошков алмаза других типов. В качестве примеси имеется несгораемый остаток (0,5–8,0 %) из оксидов, карбидов и солей различных элементов, таких как Fe , Ti , Cr , Cu , K , Ca , Si , Zn , Pb и др., которые захвачены из аппаратуры, используемой для синтеза и очистки синтеза.

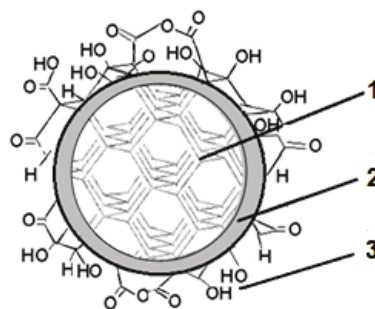
³ <https://poisknews.ru/wp-content/uploads/2020/07/Izobrazhenie-almaznyh-nanochasticz-poluchennoe-s-pomoshhyu-krioelektronnoj-mikroskopii.png>

Таким образом, детонационные наноалмазы – это очень маленькие алмазики, совсем крошечные. Они имеют средний размер частиц 5 ± 1 нм. Практически с каждым поверхностным атомом углерода, находящимся на их поверхности в состоянии sp^3 -гибридизации, связаны те или иные функциональные группы. Частицы наноалмаза имеют сложное строение. Углеродная часть этой гигантской «молекулы» представлена алмазным ядром, окруженным нарушенной углеродной оболочкой, с которой связан слой поверхностных функциональных групп.

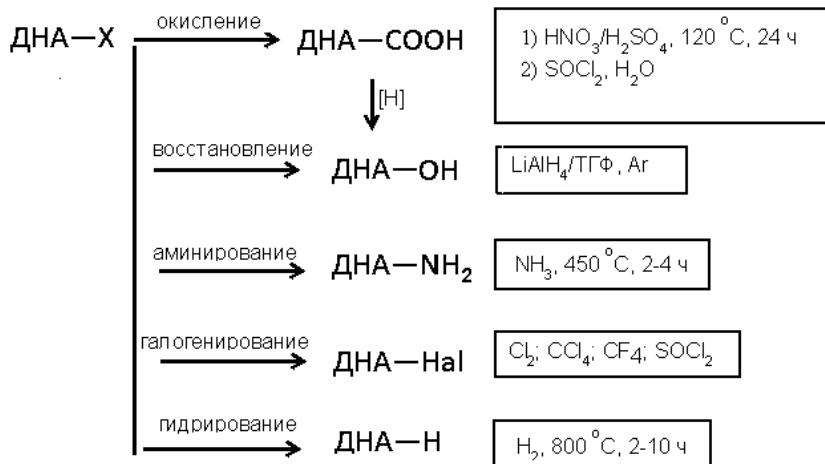
Ядро частицы наноалмаза размером 4–6 нм в среднем содержит 75–90 % атомов углерода, в нарушенной углеродной оболочке (толщиной 0,2–1,0 нм) присутствует 10–20 % атомов углерода, а в поверхностных функциональных группах содержится около 5 % атомов С. В разных условиях синтеза у алмазных частиц образуется углеродная оболочка с разным соотношением sp^2 - и sp^3 -углерода и, следовательно, с различными возможностями образования на ней функциональных групп.

Поскольку, как мы видим, относительное содержание поверхностных атомов в углеродных наночастицах весьма

велико, свойства этих групп будут сильно влиять на свойства самого наноматериала, как на физические (спектральные, гидрофильность/гидрофобность, электропроводность и др.), так и на химические. Такую наночастицу действительно можно рассматривать как гигантскую молекулу, подобную замещенным углеводородам. ДНА могут вступать в химические реакции, характерные для многих органических соединений и идущие как с участием атомов углеродного ядра, так и с участием функциональных групп, например:



Модель строения первичной частицы ДНА: 1 – алмазное ядро, 2 – нарушенная углеродная оболочка, 2 – слой поверхностных функциональных групп



Схемы (слева) и условия проведения (справа) некоторых реакций модифицирования поверхности детонационного наноалмаза



Получение детонационного наноалмаза

Существует множество алмазных наноматериалов: порошки природных и синтетических алмазов различной степени измельчения, ультрадисперсные алмазы динамического, в том числе и детонационного синтеза, наноструктурированные алмазные пленки, осаждаемые на различных подложках и др. Для всех перечисленных наноматериалов характерна кристаллическая структура алмаза с большей или меньшей степенью дефектности, однако свойства их во многом, как мы уже выяснили, определяются функциональным покровом поверхности. И особенно это проявляется в наноалмазе детонационного синтеза.

В процессе производства детонационного алмаза утилизируются морально устаревшие взрывчатые вещества, что позволяет вернуть значительную часть средств, затраченных на их создание. Цена ДНА невелика, налажено его промышленное производство в ряде научно-технических центров России в масштабе нескольких тонн в год, и прогнозируется расширение рынка сбыта. Тем не менее, ДНА нельзя отнести к хорошо изученным алмазным материалам, что объясняется непостоянством химического состава, структуры и, следовательно, свойств, определяемых особенностями технологии синтеза и очистки у разных производителей.

История открытия детонационного синтеза алмаза поистине удивительна. Наряду со статическим синтезом алмаза при высоких температурах и давлениях, который в СССР был успешно осуществлен коллективом сотрудников под руководством академика Л.Ф. Верещагина, велись исследования и по динамическому синтезу алмаза. Напомним, что суть этого метода состоит в синтезе наноструктур путем взрыва в контролируемой атмосфере. Если источником углерода для синтеза алмаза служит только углерод молекул взрывчатых веществ, то синтез называют детонационным, а получаемые наноалмазы – детонационными.

В СССР на протяжении 19 лет детонационный синтез алмаза открывали трижды. Впервые синтезировали ДНА из углерода молекул взрывчатых веществ во ВНИИ технической физики (Снежинск) под руководством академика Е.И. Забабахина в 1963 г. Из-за секретности этот факт для научного мира оставался неизвестным вплоть до конца 1980-х годов. В 1982 г. синтез ДНА был вновь «открыт» А.М. Ставером, А.И. Лямкиным, В.М. Титовым в Институте гидродинамики СО АН СССР (Новосибирск) и Г.И. Саввакиным и В.И. Трефиловым в Институте проблем материаловедения АН УССР (Киев). В 1984 г. в Бийске было организовано опытное производство ДНА под руководством академика Г.В. Саковича. Стоит отметить, что в США первые сообщения о лабораторном синтезе ДНА появились лишь в 1987 и 1988 гг.

К сожалению, развитие этого направления в СССР надолго задержали общая неподготовленность промышленности к развитию наноматериалов и нанотехнологий в 1960-х гг. и режим секретности, «закрывший» в СССР все работы по синтезу наноалмаза. Вследствие успехов синтеза алмаза при статических давлениях Правительство СССР признало разработку альтернативных методов нецелесообразной. Сказалось и то, что синтез ДНА был впервые открыт в институте ВНИИТФ, профиль которого был далек от алмазной тематики, и лишь в 1986 г. работы были возобновлены.

В настоящее время интерес к ДНА возрождается, особенно в связи с возможностью его применения в медицине и биологии. В 2011 г. за разработку технологии получения наноалмаза Г.В. Сакович был отмечен международной премией Rusnanoprize, учрежденной «Российской корпорацией нанотехнологий» (ОАО «РОСНАНО»).

Обычно для детонационного синтеза используют смесь тротила с гексогеном или октогеном, взятых в определенных соотношениях. Синтез осуществляется в

течение долей микросекунды при давлении от 15 до 25 ГПа и температуре детонации свыше 3000 К. Так как необходимые для синтеза алмаза условия держатся в течение очень короткого промежутка времени, образующиеся алмазные кристаллиты имеют размер всего 4–6 нм и довольно узкое распределение по дисперсности. Но при недостаточно быстром охлаждении возможна графитизация алмазных частиц, ведь графит – более устойчивая модификация углерода. Поэтому продукты детонации интенсивно охлаждают газообразными (CO_2 , N_2 , Ar), жидкими (вода) или твердыми (лёд) хладагентами.

В результате получается алмазосодержащий конденсированный углерод, иначе «алмазная шихта», в которой наряду с алмазным содержится и неалмазный (легко окисляемый) углерод. Ве-

дуются исследования по оптимизации условий детонации, чтобы повысить выход алмазной шихты и содержание в ней ДНА. Например, установлено, что выход алмазной шихты из гексогена значительно повышается при добавках парафина, нафталина, причем добавки тринитромезитилена и тринитробензола заметно увеличивают выход ДНА.

Интересно, что наноалмазы обнаружены в некоторых природных объектах. Крайне неравновесные условия формирования и большие скорости роста обуславливают образование алмазов с уникальными физико-химическими свойствами. Получается дефектная структура алмазной фазы, в которой, наряду с вакансиями в кристаллической решётке и разорванными связями, имеются включенные атомы других химических элементов.

Зачем нужны наноалмазы?

Для чего могут понадобиться столь крошечные алмазики, что их и разглядеть-то нельзя по отдельности? Украшений из них, конечно, не выйдет. Но основной потребитель алмазов – техника, и во многих случаях малые размеры не помеха техническому применению. ДНА используют как компонент электрохимических покрытий, в качестве присадок к моторным маслам и смазкам, добавок к полимерам и резинам, в пастах для финишного полирования, в пресс-инструментах, режущих инструментах по металлу, а также как сырьё для получения новых композиционных и полупроводниковых материалов. Определенные перспективы видятся в использовании наноалмазов как сорбентов для хроматографии и носителей катализаторов.

В последнее время интерес к применению ДНА все более смещается в область биологии и медицины. Благодаря ярко выраженной биологической активности и нетоксичности ДНА его можно использовать в качестве люминесцентных маркеров для изучения клеточных взаимодействий, сорбентов для биомолекул, носителей для направленного дози-

рованного транспорта лекарственных веществ.

Иммобилизовать на поверхности ДНА биологически активные вещества (БАВ) можно двумя способами: ковалентной прививкой и адсорбцией. Адсорбционный метод получения систем доставки БАВ на основе ДНА имеет ряд преимуществ перед ковалентным связыванием: простота осуществления, возможность варьировать степень заполнения поверхности ДНА активным веществом и создавать системы с высокой концентрацией активных веществ, а также контролировать высвобождение БАВ с поверхности, изменяя pH среды. Адсорбция различных БАВ на поверхности ДНА зависит от ее предварительного модифицирования, т. е. от химической природы и состава функциональных групп. В случае специфической адсорбции белков и ферментов на поверхности ДНА такие системы могут служить основой для создания биосенсоров.

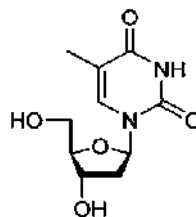
Исследования модифицирования ДНА методом ковалентной прививки начали интенсивно развиваться с начала нынешнего столетия. Поверхность мо-



жет соединяться с привитым слоем не только за счет связи С–О, но и за счет прочной связи С–С, что делает привитый слой существенно более химически стойким. Предварительно галогенированную поверхность алмаза модифицируют различными нуклеофилами. Например, для прививки цепочки ДНК к наноалмазу предварительно окисленную поверхность ДНА хлорировали и по образовавшимся хлорангидридным группам осуществляли взаимодействие с тимидином, ковалентно связанным с концом цепочки ДНК:

Успешно осуществлена ковалентная прививка различных ферментов и лекарственных препаратов, причем активность ферментов при иммобилизации существенно не нарушалась, а термическая и химическая устойчивость улучшилась. На основе ДНА синтезированы системы доставки биологически активных и лекарственных веществ, в том числе глицина (центрального нейромедиатора),

цистеина (средства для лечения катаракты), амикацина (антибиотика с противотуберкулезной активностью), янтарной кислоты (интермедиата цикла Кребса), а также неорганической пиррофосфатазы (биокатализатора разложения пиррофосфата) и др.



Тимидин

Изучение наноалмазов, решение задачи придания им определенных свойств во время синтеза, поиск новых областей их использования – актуальная область современной науки и технологии. Она ждет новых исследователей и разработчиков!

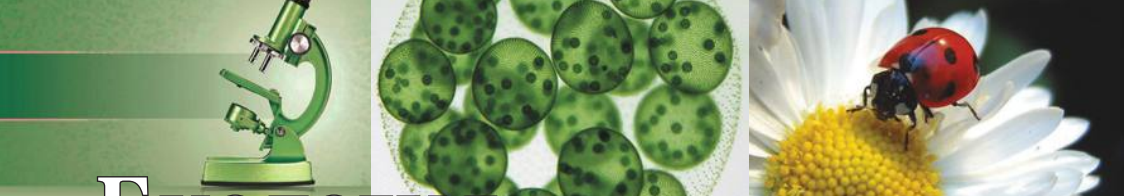
Литература

1. Кулакова И.И. Наноалмаз детонационного синтеза – особый тип алмазного материала. // Новые углеродные материалы: получение, исследование, перспективы применения. – М.: Наука, 2013, с. 44–62.
2. Лисичкин Г.В., Кулакова И.И. Углеродные наночастицы. // Лисичкин Г.В., Оленин А.Ю., Кулакова И.И. Химия поверхности неорганических наночастиц. – М.: Техносфера, 2020, гл. 6, с. 228–352.
3. Озерин А.Н., Кулакова И.И., Бочечка А.А., Лапчук Н.М., Мюллюмаки В., Веханен А. Новые аспекты в теории и практике детонационного синтеза, свойствах и применении наноалмазов. // Успехи химии, 2020, т. 89, № 12, с. 1428–1462.
4. Яковлев Р.Ю., Кулакова И.И., Бадун Г.А., Лисичкин Г.В., Валуева А.В., Селезнев Н.Г., Леонидов Н.Б. Физико-химические принципы получения и свойства гибридных материалов на основе детонационных наноалмазов как систем доставки лекарственных веществ нового поколения. // Разработка и регистрация лекарственных средств, 2016, № 3(16), с. 60–66.
5. Яковлев Р.Ю., Соломатин А.С., Леонидов Н.Б., Кулакова И.И., Лисичкин Г.В. Детонационный наноалмаз – перспективный носитель для создания систем доставки лекарственных веществ. // Ж. рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева, 2012, т. 56, № 3–4, с. 114–125.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

– Пищу статью про жизнь студентов в Средние века. Если кто может помочь полезной информацией, то буду очень благодарен! В частности, пытаюсь сравнить нагрузку современного студента и студента-школяра.

– Знаю, что шпаргалки писали на пузе котов, так как с кошками разрешалось ходить на экзамены.



Биология



Шамрина Анастасия Владимировна

Студентка биологического факультета МГУ, выпускница СУНЦ МГУ

Петров Петр Николаевич

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник биологического факультета МГУ, в прошлом старший преподаватель СУНЦ МГУ. Энтомолог



Зимние членистоногие

О каких бабочках может идти речь зимой, притворно удивляется педагог, вы что – с ума сошли? И возмущаешь с полным достоинством: зимой речь может идти о зимних бабочках, называемых снежными, я ловлю их за городом – в лесу и в поле, преимущественно по утрам...

Саша Соколов «Школа для дураков»

В умеренных широтах Земли несколько месяцев в году приходится на зиму, в течение которой температуры во многих районах редко поднимаются выше нуля и устанавливается постоянный снеговой покров. В подобных краях наземные *пойкилотермные* организмы (неспособные поддерживать постоянную температуру тела), такие как ящерицы, змеи и членистоногие (например, насекомые и пауки), зимой обычно прячутся под землей или под снегом и впадают в зимнюю спячку. Мы привыкли считать, что зимой, когда лежит снег, активных членистоно-

гих мы встречать не должны, а если иногда и встречаем, то это, наверное, какая-то аномалия, например результат оттепели, из-за которой кто-то из впавших в спячку мог раньше времени проснуться по ошибке. Но на самом деле некоторые членистоногие неплохо приспособлены к тому, чтобы сохранять активность даже зимой, по крайней мере при сравнительно высоких температурах, в том числе отрицательных, а некоторые приспособились к этому так хорошо, что именно в зимний период их обычно и можно встретить. Среди таких членистоногих есть группы,

активные преимущественно под снегом, но некоторые могут бегать и прыгать на поверхности снега, что и делают, когда не слишком холодно.

Такое поведение эволюционно и экологически объяснимо: даже при очень низкой температуре воздуха зимой температура почвы и подстилки под снегом может быть близка к 0 °С. Кроме того, снег обычно имеет сравнительно низкую плотность, и если его толщина достигает определенного порогового значения (обычно около 20 см), он обеспечивает достаточно надежную термоизоляцию, чтобы активность некоторых пойкилотермных животных продолжалась под снегом в течение всей зимы.

Животные, появляющиеся на снегу, должны отыскивать для себя выход из-под снежного покрова через щели в нем, в особенности вокруг стволов деревьев, где, как известно, снег быстрее тает, около пней, стволов и веток, лежащих на земле, вдоль стен различных зданий и тому подобного. Среди встречающихся зимой членистоногих можно выделить тех, которые активны и в другое время года, в том числе и в самое жаркое, например, некоторые цикадовые, пауки, коротконодрые жуки (стафилиниды), и тех, которые активны только в холодное время года. Есть виды, которые появляются поздней осенью, встречаются зимой и самой ранней весной (например, некоторые комары), а есть и такие, которые хотя и встречаются в иное время года, но сравнительно редко и главным образом могут быть обнаружены зимой на снегу. К последним, так называемым *хиоофилам*, относятся некоторые ногохвостки, или коллемболы (*Collembola*) – небольшие шестиногие, родственники настоящих насекомых, способные не только ходить на своих шести ногах, но и прыгать с помощью расположенной на заднем конце тела вилки. Наконец, существуют специфически зимние формы, так называемые *хиообионты*, обладающие специальными приспособлениями к зимнему образу жизни и к активности на снегу. Это, например ледничники – бескрылые скорпионницы (представители небольшого

отряда насекомых, в котором самцы ряда видов обладают половым аппаратом, напоминающим жало скорпиона), – и бескрылые же комары-болотницы хионеи. Кроме хиоофилов и хиообионтов, на снегу иногда можно встретить *хионоксенов*, оказывающихся там только случайно, но в какой-то степени способных переносить кратковременное охлаждение, и *хиоофобов*, старающихся избегать губительного для них снега.



Зимняя скорпионница – ледничник (Boreus), пойманный в окрестностях Звенигородской биологической станции МГУ. Крылья у самцов ледничников (на фотографии именно самец) превратились в крючки, используемые для удержания самки при спаривании; у самок крыльев нет



Зимний комар хионея (Chionea). У него нет одной ноги, но это нормально: как и крылатые летние комары из того же семейства болотницы, хионеи при нападении хищника могут отбрасывать любую ногу, как ящерица хвост, и спасаться бегством

У зимнеактивных членистоногих есть и физиологические приспособления к их образу жизни, кроме поведенческих. Например, это присутствующие у них в крови и в цитоплазме клеток антифризы (сахара и спирты), препятствующие опасному для живых клеток образованию кристаллов льда.

Фауну зимнеактивных членистоногих изучают уже давно, однако исследована она пока далеко не полностью. Ее изучение связано с определенными трудностями: зимой световой день короткий, ноги вязнут в снегу, на продолжительной экскурсии начинаешь замерзать. К тому же состав и численность встречающихся на снегу беспозвоночных зимой особенно сильно зависит от погоды. Собирать зимнеактивных членистоногих получается только при относительно высоких температурах, хотя и отрицательных.

Мы проводили исследования зимнеактивных членистоногих зимой 2018–2019 и 2019–2020 гг. Для изучения разнообразия членистоногих, активных на снежном покрове в Москве (в пойме реки Сетуни неподалеку от территории СУНЦ МГУ) и на Звенигородской биологической станции МГУ мы использовали так называемые ловушки Мёрике, представляющие собой тарелки с жидкостью. Изначально конструкцию этих ловушек предложил немецкий биолог Ф. Мёрике для сбора тлей, однако в настоящее время ловушки Мёрике используются для «пассивного» сбора и многих других мелких насекомых. Показано, что от цвета ловушек Мёрике зависит то, какие членистоногие будут туда попадать. В желтые ловушки обычно попадает много насекомых.

Принимая это во внимание, мы использовали ловушки именно желтого цвета. В каждую тарелку с помощью мерного стаканчика наливали 50 мл фиксирующей жидкости – одного из двух типов водных растворов, состоящих из поваренной соли двух концентраций и жидкого моющего средства. По результатам предварительной обработки экспериментов чуть более эффек-

тивным оказался раствор с 30 мл соли на 500 мл жидкости (видимо, в связи с тем, что он медленнее замерзает, и членистоногие могут тонуть в нем при более низких температурах, чем в растворе с 20 мл соли. При температурах, близких к 0 °С, концентрация соли, судя по всему, не оказывает влияния на уловистость ловушек.

Ловушки расставляли на снегу в шахматном порядке в 16:00 по московскому времени на территории СУНЦ МГУ и в 16:30 в пойме реки Сетунь по воскресеньям. Материал собирали через сутки.



Ловушки Мёрике («желтые тарелочки») на снегу в пойме реки Сетунь. Мы ставили их парами...

Пойманных животных распределяли по пяти размерным классам в соответствии с их длиной. Наиболее часто на снегу были отмечены членистоногие размером около 2 мм и меньше. Это может быть связано с особенностями снега как среды обитания – более крупному организму было бы куда сложнее бегать по поверхности снега и, вероятно, находить проходы между слоями снежного покрова (а в особенно сильные заморозки даже самым приспособленным к низким температурам необходимо укрытие). Кроме того, крупным пойкилотермным животным сложнее передвигать свое массивное тело при низких температурах, ведь сила мышц при снижении температуры тела убывает.

Судя по всему, прослеживается зависимость числа пойманных организмов от температуры воздуха. При ее увеличении количество пойманных членистоногих увеличивалось. Наибольшая активность наблюдалась при температуре от 0 до +1 °С.

Большинство пойманных нами членистоногих относились к классу Collembola (ногохвостки), который представляет собой отдельную от настоящих насекомых ветвь эволюции и относятся к так называемым скрыточелюстным шестиногим. Кроме ногохвосток, в ловушки иногда попадались двукрылые насекомые и иногда пауки, которые нередко встречались на снегу, но, по-видимому, обычно избегали ловушек. На Звенигородской биостанции разнообразие активных на снегу насекомых оказалось несколько выше: там встречаются не только коллемболы, но и вышеупомянутые ледничники и хионеи, а также небольшие цикадовые (родственники цикад).



Ногохвостка (Collembola), пойманная в Одинцовском районе



Еще одна ногохвостка (Collembola), пойманная в пойме Сетуни

Таким образом, зимнеактивные членистоногие сравнительно разнообразны

даже в таком большом мегаполисе, как Москва. Несмотря на антропогенную нагрузку, в черте Москвы можно встретить несколько групп зимних членистоногих, хотя, судя по всему, их ощутимо больше там, где влияние человека меньше.

Одним из интересных направлений дальнейших исследований в этой области может стать более детальное изучение особенностей условий обитания этих замечательных животных. Возможно, если мы поймём, какие условия предпочтительны для них и почему одни группы встречаются в городе в меньшем количестве, чем за городом, мы сможем узнать чуть больше о влиянии человека на окружающую среду и о том, какие меры следует принимать, чтобы не уничтожить и тех сравнительно немногих животных, которые живут рядом с нами в черте города.

Мы благодарны ученице СУНЦ МГУ Елизавете Гореловой, при активном участии которой были поставлены эксперименты второго сезона.



Да, это тоже Collembola. Они бывают и такие забавные

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Закон «бедности». Вероятность наличия исходных реактивов на складе обратно пропорциональна необходимости синтеза продукта.

Следствие. На складе остались одни ненужные реактивы.

Контрзакон ст. лаб. Лобановой. Отсутствие нужных реактивов – стимул к открытию новых реакций!

Следствие. Новых реакций все больше, а реактивов всё меньше.



Медицина



Кондаков Михаил Михайлович

Учащийся 6 класса МБОУ «Лицей № 2» г. Братска Иркутской обл.

Рычкова Дарья Михайловна

Учитель математики МБОУ «Лицей № 2» г. Братска Иркутской обл.



Если бы COVID-19 был компьютерным вирусом

Пандемия COVID-19 показывает удивительное сходство с примерами массовых эпидемий компьютерных вирусов. Налицо близкие по смыслу способы распространения и заражения, а также печальные результаты. И хотя сравнивать человеческие жизни и работоспособность компьютерных систем напрямую не совсем корректно, выводы весьма любопытны!

Я – маленький и безобидный вирус.
Я шалости невинные творю:
То честно программкою прикинусь,
То по-японски вдруг заговорю.

Марина Рохлина

В декабре 2019 г. в Китае зарегистрирована серия необъяснимых случаев пневмонии. Последующие исследования выявили новый штамм коронавируса – SARS-CoV-2, который является возбудителем острого инфекционного заболевания Coronavirus disease 2019 (COVID-19). За короткий период времени эпиде-

мия (широкое распространение заразной болезни) новой коронавирусной инфекции переросла в пандемию (необычайно сильная эпидемия, распространившаяся на территории ряда стран, континентов), охватившую более 200 стран мира.

К 2020 году ущерб от распространения COVID-19 достиг небывалых высот.

Экономика России в указанном году лишилась почти триллиона рублей, мировая экономика пострадала на 3,5 триллиона долларов. На ноябрь 2021 года только в России выявлено 9 366 840 случаев заражения коронавирусной инфекцией. Умерло 265 336 человек. В мире на ноябрь 2021 года выявлено 257 579 393 случаев заражения ковидом, умерло 5 151 560 человек. Каждый человек на планете Земля ежедневно сталкивался с проявлениями COVID-19 – это либо меры защиты от вируса (масочный режим и т.п.), либо сам вирус (зараженные люди из ближайшего окружения). Информация по COVID-19 заполонила эфир всех государственных телевизионных каналов, интернет и стала обычной темой для ежедневного разговора.

Что такое вирус и как он действует?

Первым делом отправимся в школьную библиотеку. В учебнике биологии за 10 класс есть чёткое определение вируса. **Биологический вирус** – это неклеточная форма жизни, которая распространяет инфекцию на клетки живых организмов, включая бактерии. Термин возник от латинского слова *virus*, обозначающего «яд».

2020 год стал самым необычным и запоминающимся годом в жизни многих людей! Все дети ощутили на себе изменения в форме школьного образования. Выучили новое слово – «дистант»! И... стали больше времени проводить за компьютером. Самым популярным словом в этот период было слово «вирус». Это слово мы в первую очередь учим на уроках биологии, однако этот термин применяется также при обозначении вредоносных компьютерных программ. И у меня возник вопрос: а если бы COVID-19 был компьютерным вирусом, то на что бы он был похож? Ведь если компьютерные вирусы названы по аналогии с биологическими, то, возможно, что и принцип их действия сходен. А будут ли схожи методы борьбы и профилактики у таких вирусов?

А что такое компьютерный вирус?

Это вид вредоносных программ, способных внедряться в код других программ, системные области памяти, загрузочные секторы и распространять свои копии по разнообразным каналам связи.

Сравним действие биологических и компьютерных вирусов.

Биологический вирус	Компьютерный вирус
попадание вируса в организм	попадание вируса в память компьютера
процесс заражения клеток	процесс заражения – внедрение копий вируса в различные программы
воспаление	сбои в работе программ
ослабление организма	замедленная работа компьютера
отмирание клеток, летальный исход (но не во всех случаях и не со всеми вирусами)	форматирование жёсткого диска



Рис. 1. Биологический вирус (слева) и компьютерный вирус (справа)

(https://medaboutme.ru/upload/medialibrary/bcd/shutterstock_225449959.jpg,

<https://www.yugopolis.ru/news/opasnyj-rossijskij-komp-yuternyj-virus-stal-eshe-opasnee-112513>)

Из сравнения можно сделать вывод, что принципы действия этих вирусов

очень похожи, между стадиями действия есть очевидное соответствие.

Профилактика вирусов

Для здоровья человеческого организма, как и для компьютерного здоровья, требуется профилактика. Если человек может ходить на приём к врачу, сдавать анализы и проходить курсы лечения, то у компьютеров такой возможности обычно нет. Значит, следует соблюдать определённые правила:

- Оснастите свой компьютер современными антивирусными программами и постоянно обновляйте их.

- Перед считыванием с носителя информации, записанной на других компьютерах, проверяйте эти носители на наличие вирусов, запуская антивирусные программы.

- При переносе на свой компьютер файлов в архивированном виде проверяйте их сразу же после разархивации на жёстком диске, ограничивая область проверки только вновь записанными файлами.

- Периодически проверяйте на наличие вирусов жёсткие диски компьютера, запуская антивирусные программы.

- Защищайте свои носители от записи при работе с ними на других компьютерах, если на них не будет производиться запись информации.

- Обязательно делайте архивные копии информации, особенно ценной для вас, на съёмном диске.

- Используйте антивирусные программы для входного контроля исполняемых файлов, получаемых из компьютерных сетей.

- Проверяйте e-mail, даже если письмо пришло от хорошо известного вам человека (это обусловлено не тем, что он хочет вам навредить, а из-за того, что его компьютер заражён). Проверить письмо на содержание вирусов можно разными способами. Например, когда

вам прислали ссылку на посторонний ресурс, нельзя сразу её открывать. Нужно навести на неё курсор «мышки», посмотреть настоящее описание. Злоумышленники, которые рассылают вредоносные программы, не могут заразить легитимные сайты.

В профилактике биологических вирусов исторически самым древним и надёжным является метод вакцинации. Благодаря вакцинации побеждена оспа, сведён почти на нет полиомиелит, резко снижена заболеваемость корью, бешенством и краснухой.

Интерфероны – группа белков, которые выделяются клетками в ответ на вирусную инфекцию и, стимулируя иммунную систему, помогают организму справиться с вирусами. В отличие от вакцин, которые умеют сражаться лишь с определённым врагом и, как правило, одерживают верх, интерферон вступает в схватку с любым вирусом, хотя и не всегда выходит победителем. Сегодня существует большое количество препаратов, содержащих в своем составе те или иные интерфероны, хотя ведутся споры, так ли они эффективны, как собственный интерферон, вырабатываемый организмом.

Для лечения вирусных заболеваний необходимо создать препараты, которые будут находить вирус и обезвреживать его. Это дело исключительно сложное. Надо, чтобы химическое вещество избирательно убивало вирус, не нанося вреда организму, но это не всегда срабатывает.

Уменьшению вероятности заболевания способствуют соблюдение здорового образа жизни и правил личной гигиены, периодическое посещение медицинских учреждений для контроля состояния организма, употребление витаминов, исключение вредных привычек.

COVID-19 и WannaCry

Если сравнивать COVID-19 с компьютерными вредоносными программами, то пандемия коронавируса больше всего напоминает эпидемию WannaCry. Этот компьютерный вирус распространяется случайным образом, «перепрыгивая» на ближайший доступный объект. Наиболее уязвимым оказывается старшее поколение систем. Для WannaCry это Windows XP и Windows Server 2000, а для COVID-19 – люди старше 65 лет. Для проникновения WannaCry эксплуатирует уязвимости в протоколе SMB¹, а коронавирус пользуется тем, что организмы большинства людей не умеют сопротивляться ему, поскольку иммунитет незнаком с новой инфекцией.

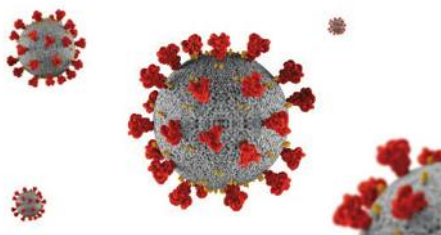


Рис. 2. COVID-19

(<https://www.industrialunion.org/ru/covid-19-sovety-rabotnikam-i-rabotodatelyam>)

Зашифровав файлы на поражённой системе, WannaCry блокирует возможность работы и требует выкуп. Коронавирус же не требует ничего. Однако его жертвы также утрачивают возможность нормально функционировать. Проникая в клетки организма, вирус перепрограммирует их, заставляя воспроизводить себя.

Таким образом, коронавирус – это как будто вредоносная программа-шифровальщик, который эксплуатирует уязви-

мость в человеческом организме. И патча – вакцины со стопроцентной защитой от этой уязвимости – пока нет. Равно как и не написан расшифровщик для заблокированных вирусом данных: эффективного лекарства, гарантирующего выздоровление заболевших, пока не создали.



Рис. 3. WannaCry

(<https://ru.wikipedia.org/wiki/WannaCry>)

А теперь давайте посмотрим на инструменты, которые позволяют остановить распространение компьютерных вредоносных программ, для которых нет патчей, и сравним их с мерами, которые принимаются в реальной жизни для борьбы с COVID-19. По опыту информационной безопасности, наиболее эффективными в борьбе с массовыми заражениями оказываются межсетевые экраны, карантин, антивирус и навыки безопасного поведения.

Межсетевые экраны

Чтобы защитить сеть предприятия от проникновения вредоносных программ,

на границах с внешним миром устанавливают межсетевые экраны, которые кон-

Протокол SMB – это сетевой протокол для общего доступа к файлам, который позволяет приложениям компьютера читать и записывать файлы, а также запрашивать службы серверных программ в компьютерной сети. См. <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows-server/storage/file-server/file-server-smb-overview>.

тролируют трафик и пропускают лишь те пакеты, которые разрешено пропустить. Во время эпидемии WannaCry компании, сети которых были защищены межсетевыми экранами, избежали заражения.

Самая близкая аналогия с межсетевыми экранами в реальном мире – это закрытие границ, сокращение до минимума всех видов пассажирских перевозок, ограничение въезда-выезда в населённых пунктах. Контроль температуры тела и экспресс-тесты на коронавирус, которые делаются в аэропортах,

можно рассматривать как систему глубокого анализа трафика (Deep Packet Inspection, DPI).

Процесс установки «межсетевых экранов» для защиты от пандемии происходил по всему миру. Страны закрывали границы, чтобы свести к минимуму проникновение инфекции, оставляя тонкий, полностью контролируемый коридор для граждан, которые не успели вернуться до установки новых правил. А чтобы в страну не проник коронавирус, прибывших людей отправляют на карантин.

Карантин

Если компьютерный вирус каким-то образом проникает внутрь сети, все попавшие под удар или подозрение системы отключают, чтобы вирус не распространился. Это позволяет спокойно разобраться с ситуацией, выяснить подробности инцидента и принять меры, чтобы защитить остальные компьютеры и серверы.

Карантин в реальном мире позволяет остановить распространение инфекции путём изоляции больных и тех, кто находился с ними в контакте. Учитывая длительный инкубационный период некоторых штаммов COVID-19, несколько недель – не самая большая плата за безопасность общества.

Антивирус

От заражения известными вирусами спасает установленный на устройство антивирус. Выявить и заблокировать неизвестные инфекции в некоторых случаях помогает эвристический анализатор. Однако 100 %-ной гарантии от заражения ни один разработчик антивирусов, конечно, не даст.

В каком-то смысле антивирус можно рассматривать как аналог средств индивидуальной защиты. Маска, перчатки, антисептик и мытьё рук тоже снижают вероятность заразиться коронавирусом, но абсолютной гарантии не дают.

Человеческий фактор

Сходство компьютерной и обычной эпидемии ещё более очевидно, если изучить влияние человеческого фактора на распространение инфекции. Сравните:

1) Беспечный сотрудник открывает вредоносное вложение в фишинговом² письме. В результате компания Норск Гидро (Norsk Hydro) лишается доступа к своим файлам, которые зашифровал вирус LockerGoga. Убытки от атаки оцениваются в 41 миллион долларов.

2) 68-летний москвич с диагностированным коронавирусом приходит в Лобненскую центральную больницу, проходит по зданию, сидит в общей очереди на рент-

ген. Вся больница и поликлиника, через которую он прошёл, закрывается на карантин, а все, кто там находился вместе с больным, уходят на двухнедельную изоляцию.

Легкомыслие и невнимательность во время массовых эпидемий, будь то компьютерная угроза или настоящая инфекция, – преступная небрежность, потому что слишком дорого обходятся. Необдуманный клик по фишинговому документу создаёт многомиллионные убытки для компании. Необдуманный визит больного в медицинское учреждение останавливает его работу, а десятки людей подвергаются риску заражения.

² Фишинг – это разновидность мошенничества в интернете, целью которого является получение логина и пароля пользователя, данных его банковских карт и счетов.



Когда люди верят во что-то, они следуют за этой идеей. Поэтому, если социальный инжиниринг сработал, жертва послушно выполняет указания мошенника – устанавливает «обновление», открывает «важный документ» или вводит пароль на фишинговом сайте. Точно так же, поверив сторонни-

кам теории заговора, люди игнорируют предупреждения вирусологов о методах предосторожности. Люди считают, что их иммунитет достаточно силен, чтобы противостоять любой заразе. А иногда и вовсе уверены, будто никакой инфекции нет и вся пандемия – это заговор каких-то мировых сил.

Как остановить пандемию?

Пока патч для уязвимости недоступен, а работы над расшифровщиком всё ещё ведутся, то вариантов для противостояния инфекции не так много. Отказаться от использования уязвимых систем в случае реальной эпидемии невозможно, поскольку в роли систем выступают сами люди. Если «отключить всех от сети», устроив тотальный карантин, остановится не только работа, но и сама жизнь.

Обеспечить приемлемый уровень безопасности и сохранить работоспособность помогают более жёсткие правила: «белые» списки, ограничение количества запущенных программ и разрешение на установку только тех приложений, которые имеют цифровую подпись. В переносе на реальную жизнь эти правила превращаются в пропуска для работающих, QR-коды, контроль с помощью системы распознавания лиц и штрафы для нарушителей режима.

Такие непопулярные меры затрудняют привычную жизнь, но ограничивают скорость распространения инфекции, дают дополнительное время, чтобы вылечить заболевших и уменьшить количество новых заражений. Ведь, в отличие от компьютеров, людям недоступна та-

кая замечательная функция, как восстановление из резервной копии. Поэтому, пока не будет разработано эффективное лекарство, нужно сдерживать рост числа заболевших.

Во время компьютерных эпидемий фактором, обеспечивающим быструю победу над вирусом, обычно становится объединение усилий крупнейших компаний уязвимой системы, ведущих компаний по информационной безопасности и экспертов. К сожалению, с пандемией коронавируса каждая страна борется в одиночку. Это увеличивает сроки разработки вакцин и лекарств и приводит к тому, что итоговое количество пострадавших от болезни окажется значительно выше.

Серьёзная проблема как для компьютерных, так и для реальных эпидемий – это человеческий фактор. По статистике, компании, которые систематически обучают сотрудников навыкам безопасного поведения и проводят тренировки по этим навыкам, значительно реже становятся жертвами успешных атак. Очевидно, что в новых условиях жителям всех стран придется менять свои привычки и вырабатывать навыки безопасного поведения

Опрос

Последним этапом моей работы стало анкетирование шестиклассников с целью понять, какими познаниями обладают школьники в вопросе защиты своих компьютеров и своего организма от вирусов.

Печальные результаты состоят в том, что половина шестиклассников никогда не проверяла компьютер антивирусом, а также не заботится о том, что вирусы могут по-

пасть в компьютер. Но к счастью, практически ни у кого вирусы не ломали компьютер, и редкостью было появление ошибки, которую все называют «синий экран смерти».

У взрослых всё по-другому. Но, хотя все взрослые стараются беречь свой компьютер и регулярно проверяют компьютер антивирусом, к сожалению, практически у всех происходили сбои из-за вирусов.

Итоги

Компьютерные и биологические вирусы имеют схожее устройство: они состоят из большого числа простых блоков, объединённых в последовательности, то есть в цепочки ДНК или строки программы. Широкому распространению компьютерных вирусов способствует глобальная информационная сеть, а широкому распространению болезней – мобильные носители инфекции, и чем быстрее и доступнее средство передвижения, тем скорее вирус добирается до новых жертв. Примерно совпадают и экономический ущерб от простоя компьютерного оборудования, и потери от бездействия болеющих сотрудников.

Мы выявили компьютерный аналог COVID-19 – это WannaCry. Эти вирусы имеют аналогичные пути заражения. Если бы COVID-19 был компьютерным вирусом, остановить его распространение помог бы следующий комплекс мер:

1. Межсетевые экраны с набором строгих правил.
2. Карантин для заражённых и потенциально заражённых устройств.
3. Установка антивируса на все устройства.
4. Локальные ограничения на запуск неизвестных программ, разрешение

установки только подписанных приложений, ограничение количества одновременно работающих программ.

5. Тренировка людей по навыкам безопасного поведения.

6. Объединение усилий лидеров отрасли и компаний по информационной безопасности в разработке патчей и расшифровщика для заблокированных файлов.

И если первые пять пунктов в борьбе с коронавирусом вполне соответствуют лучшим практикам информационной безопасности, то в части координации усилий всех стран по разработке вакцин и поиску лекарств дела обстоят не лучшим образом. Возможно, объединение исследовательских лабораторий ведущих мировых держав и обмен наработками позволят победить общую угрозу значительно быстрее и эффективнее.

Биологические и компьютерные вирусы имеют больше сходств, чем различий. Людям нужно учиться противостоять им, так как и те, и другие вирусы опасны для человечества. Эпидемия компьютерного вируса WannaCry была остановлена в 2017 году. Сроки окончательного завершения пандемии COVID-19 еще предстоит выяснить!



Рис. 4. Распространение COVID-19 (<https://rg.ru/2020/03/03/koronavirus-hronika-rasprostraneniia.html>)



Рис. 5. Распространение WannaCry (<https://www.tadviser.ru/index.php>)

Литература

1. Баранчикова Е.А. Лучшие рефераты по информатике. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002.
2. Беньяш Ю.Л. Освоение персонального компьютера. – М.: Телеком, 2001.
3. Захаров В.Б., Мамонтов С.Г., Сонин Н.И. Общая биология: Учебник. – М.: Дрофа, 1999.
4. Симонович С.В., Евсеев Г.А., Алексеев А.Г. Windows. Лаборатория мастера. – М.: АСТ, 2000.
5. Симонович С.В., Евсеев Г.А., Алексеев А.Г. Специальная информатика. – М.: АСТ, 2001.
6. Я познаю мир. Энциклопедия. Медицина. – М.: АСТ, 1997.
7. Медицинский словарь (Oxford). Т. 2. – М.: Вече, АСТ, 1998.
8. Васильков А.В. О компьютерных вирусах – популярно. // Информатика, 2004, № 33, с. 25–27.
9. Компьютерный дозор. // Информатика, 2004, № 40, с. 1, 32.
10. Васильков А.В. Базис антивирусных баз. // Информатика, 2004, № 47, с. 25–27.
11. Коржов В.А. Internet как оружие массового поражения. // Computerworld, 2004, № 7, с. 18.
12. Лаборатория Касперского. – <http://www.kaspersky.ru>.
13. Вакцинация от COVID-19. // Стопкоронавирус.рф. – <https://стопкоронавирус.рф/information/>.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Принцип пирамиды. Выход в каждой стадии многоступенчатого синтеза обратно пропорционален числу стадий.

Следствие. Чем больше времени занимает синтез – тем больше вероятность получения в качестве продукта исходного реагента.

Закон необходимости. Выход продукта реакции обратно пропорционален необходимости его синтеза.

Следствие. Лучше всего получаются ненужные вещества.

Олимпиады



Мещеряков Николай Вадимович

Студент 6 курса кафедры физической химии химического факультета МГУ. Председатель методической комиссии Проектной химической олимпиады, преподаватель олимпиадной химии в СУНЦ МГУ и школе 1568

Задания Проектной химической олимпиады 2021-22 для 10 класса (1 тур)

Продолжаем публикацию заданий отборочного этапа IV Проектной химической олимпиады. Задачи для 10 класса разнообразнее, чем для младших учащихся: в частности, появляется органика.

Задача №1

Металл **X**, известный человечеству с глубокой древности, обладает рядом оксидов, о которых не рассказывают в школьной программе. Для начала металл **X** растворяют в уксусной кислоте, после чего полученную соль **A** обрабатывают щелочным раствором гипохлорита натрия, при этом получается оксид **B**.

Оксид **B** в дальнейшем нагревают, и при 293 °C образуется оксид **C**, при 357 °C – оксид **D**, а в итоге, при 374 °C, получается красно-оранжевый оксид **E**.

Затем оксид **E** растворили в азотной кислоте, получив при этом раствор соли **F** и оксид **B**. Раствор соли **F** выпарили, и остаток нагрели без доступа воздуха, что привело к образованию оксида **G**.

или, и остаток нагрели без доступа воздуха, что привело к образованию оксида **G**.

Вопросы:

1. Определите металл **X** и вещества **A–G**.
2. Для чего используют оксид **E** и в чём заключается опасность такого использования?
3. Почему получение оксида **G** проводится без доступа воздуха?

Дополнительно известно, что содержание **X** в оксиде **C** – 89,11 %, в оксиде **D** – 90,14 %, а из 1 г оксида **B** можно получить максимум 0,955 г оксида **E**.

Задача №2

Раствор **X**, в котором можно найти только атомы элементов **A** и **B**, оставили в колбе на продолжительное время. За это время содержание атомов элемента **B**

уменьшилось. При более детальном исследовании содержания элемента **B** в данном растворе была получена следующая таблица:



Время, сутки	0	1	2	3	4	5	6
Содержание В, мольные %	33,99	33,95	33,91	33,86	33,82	33,77	33,73

Вопросы:

1. Предположите, из каких веществ мог состоять раствор X, и определите массовую долю каждого.

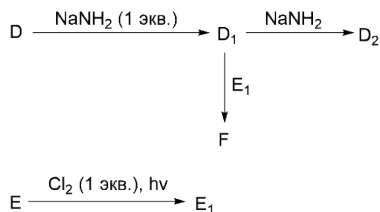
2. Оцените, сколько должно

пройти суток для того, чтобы содержание элемента В перестало изменяться.

3. Напишите две области применения раствора X в повседневной жизни.

Задача №3

Ряд бинарных соединений **A**, **B** и **C**, содержащих элемент **X**, реагирует с водой. При реакции с **A** выделяется газ **D**, при реакции с **B** выделяется газ **E**, а реакция с **C** даёт смесь газов **F** и **G**. Газы **D**, **E** и **F** участвуют в цепочке превращений, указанной ниже.



Здесь экв. – эквивалент, $h\nu$ – воздействие светом.

Вопросы:

1. Определите элемент **X** и вещества **A–G**, если известно, что в состав бинарных соединений **A–C** входят металлы из одной группы таблицы Менделеева, и $\omega_X(\text{B}) = 40\%$.

2. Напишите уравнения всех реакций, приведенных в данной задаче.

3. В реакции образования **E**₁ могут образоваться побочные продукты. Напишите формулы хотя бы двух из этих продуктов и приведите реакции их образования.

Задача №4

Бинарные соединения, приведённые в таблице ниже, содержат в своем со-

ставе элементы, принадлежащие к одной группе периодической таблицы.

Вещество	A	B	C
Число структурно неэквивалентных атомов X	2	2	2
Валентный угол $X^1-Y-X^2, ^\circ$	87,48	84,8	90
Валентный угол $X^2-Y-X^2, ^\circ$	174,97	89,5	72
Валентный угол $X^1-Y-X^1, ^\circ$	-	-	180

Примечание: атомы X для каждого соединения одинаковы, атомы Y – разные, а также $M(\text{A}) < M(\text{B}) < M(\text{C})$.

Вопросы:

1. Определите соединения **A–C** и нарисуйте их структурные формулы.

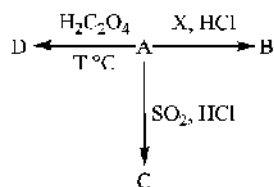
2. Напишите реакции соединений **B** и **C** с водой и гидроксидом калия.

Задача №5

Как в органической, так и в неорганической химии присутствует особый класс реакций, крайне удобных для химиков-синтетиков. В данной задаче рассматриваются именно такие реакции для соединений металла **X**.

Своё название **X** получил от скандинавской богини любви и красоты за разнообразие окрасок его соединений. **A** явля-

ется высшим оксидом данного элемента, массовая доля **X** в **A** составляет 56,04 %.

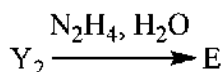


**Вопросы:**

1. Определите все зашифрованные соединения и металл **X**. Запишите все уравнения реакций.

2. Что (кроме главного элемента) общего между всеми реакциями? Укажите критерий принадлежности реакций к этому типу и запишите метод синтеза **A**, который ему удовлетворяет.

3. Также реакции данного типа используются для приготовления растворов различных веществ. К примеру, раствор кислоты **E**, содержащей элемент **Y**, получается именно таким способом:



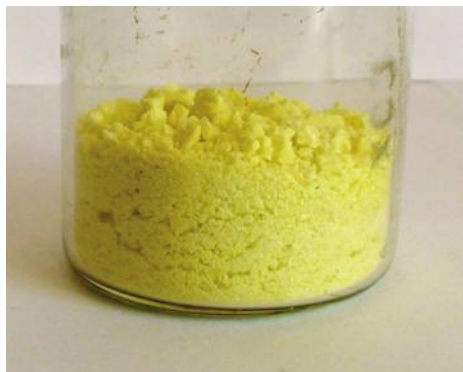
Определите неизвестную кислоту **E** и элемент **Y**, если известно, что простое вещество **Y**₂ имеет металлический блеск

и цвет, близкий к чёрному. Напишите уравнение реакции.



Простое вещество Y₂

4. Какие примеры похожих реакций из органической химии можно привести? Укажите одну или несколько. Подсказка: автор подразумевает получение органических веществ из неорганических.

Задача №6

Простое вещество X

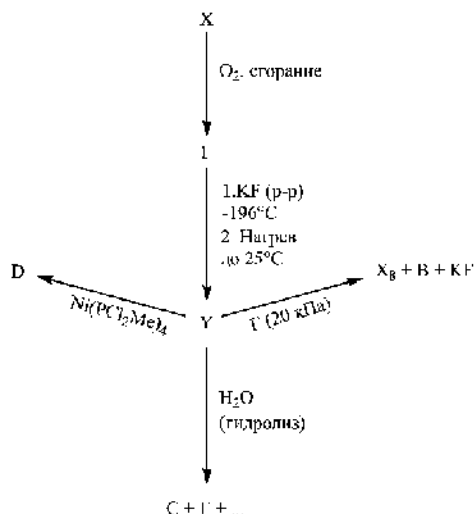
Неметалл **A** образует простое вещество **X** жёлтого цвета. При сгорании **X** на воздухе образуется газ **Г**, являющийся бинарным соединением, содержащим **A**. Если этот газ отделить от воздуха и просушить, а затем начать конденсировать при -196°C над концентрированным раствором KF , после конденсации осто-

рожно нагреть до комнатной температуры, залить полученную массу избытком DMCO и после отогнать растворитель под вакуумом, то можно получить бесцветные кристаллы интересной соли **Y** с массовой долей $\omega(\text{A}) = 26,22\%$.

Интерес данное вещество представляет из-за того, что его аналоги с другими катионами, кроме некоторых щелочных металлов, не были получены и выделены. Кроме того, оно обладает интересными свойствами. Для удобства полная цепочка превращений представлена ниже.

Дополнительная информация: **D** не содержит следов хлора и не является соединением элемента **A**, **X**₈ по качественному и количественному составу тождественно **X**, **Г** не является высшим оксидом **A**.

Знак «...» в реакции гидролиза означает, что часть продуктов (все, не содержащие **A**), не указаны.



В таблице приведены массовые доли А в соединениях.

Решение задачи №1 (автор задачи – Н.В. Мещеряков)

1. Судя по высокому содержанию металла в оксидах С и D, а также по тому, что металл известен с древности, можно предположить, что X – Pb. Тогда при участии кислорода воздуха свинец растворяется в уксусной кислоте, при этом образуется А – $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

Ацетат свинца при окислении даёт соединения свинца (IV), поэтому при действии гипохлорита образуется PbO_2 (поскольку было указано, что это оксид).

Оксиды С и D можно определить следующим образом:

$$n(\text{Pb}) : n(\text{O}) = \frac{\omega(\text{Pb})}{M(\text{Pb})} : \frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})}$$

Для С:

$$n(\text{Pb}) : n(\text{O}) = 0,43 : 0,68 = 1 : 1,58 = 12 : 19.$$

Для D:

$$n(\text{Pb}) : n(\text{O}) = 0,435 : 0,616 = 1 : 1,416 = 12 : 17.$$

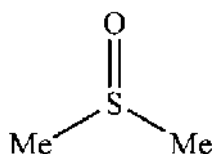
Y	B	C
26,22 %	23,19 %	28,83 %

Вопросы:

1. Расшифруйте элемент А, соединения Г, X, X₈, Y, B, C, D.

2. Как можно назвать соединения Y? B?

3. Почему при выделении Y из ДМСО нельзя делать упаривание или отгонку без вакуума? $T_{\text{кип}}(\text{ДМСО}) = 189^\circ\text{C}$.



ДМСО, диметилсульфоксид

Значит, С – $\text{Pb}_{12}\text{O}_{19}$, D – $\text{Pb}_{12}\text{O}_{17}$.

Поскольку оксид Е образуется при нагревании и имеет красно-оранжевый цвет, Е – свинцовый сурик Pb_3O_4 , что подтверждается расчетами.



Свинцовый сурик

При растворении сурик образует раствор нитрата свинца (II) – F и диоксид свинца. Нитрат при разложении даст G – PbO .

Вещество	X	A	B	C
	Pb	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	PbO_2	$\text{Pb}_{12}\text{O}_{19}$
Вещество	D	E	F	G
	$\text{Pb}_{12}\text{O}_{17}$	Pb_3O_4	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	PbO

2. Свинцовый сурик используют в качестве краски. Опасность заключается в том, что соединения свинца токсичны.

3. Если будет доступ воздуха, то PbO может окислиться до свинцового сурика, что нежелательно.

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За металл X – 3 балла; за соединения A–G – 2 балла за каждое.	17 баллов
2. За использование – 3 балла, за опасность – 2 балла.	5 баллов
3. За объяснение – 3 балла.	3 балла
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи №2 (автор задачи – Н.В. Мещеряков)

1. Поскольку раствор X используется в повседневной жизни и содержит всего два элемента, можно сказать, что это раствор на основе воды, и значит, вещество, которое отвечает за уменьшение мольной доли кислорода – пероксид водорода. Можно также было догадаться о том, что это водный раствор, из содержания B в мольных процентах, потому что

$$\omega(H_2O_2) = \frac{xM(H_2O_2)}{xM(H_2O_2) + yM(H_2O)} = \frac{M(H_2O_2)}{M(H_2O_2) + \frac{y}{x}M(H_2O)} = \frac{34}{34 + 32,5 \cdot 18} = 5,49 \%$$

Значит, $\omega(H_2O) = 100 - 5,49 = 94,51 \%$.

2. Содержание кислорода перестанет изменяться, когда весь пероксид разложится, тогда нам нужно посчитать,

Время, сутки	0	1	2	3	4	5	6
x/y	0,0308	0,0288	0,0269	0,0245	0,0226	0,0202	0,0183

Поскольку из одной молекулы пероксида образуется одна молекула воды, пусть разложилось a моль пероксида в

Время, сутки	0	1	2	3	4	5	6
a/y ₀	0	0,00189	0,00378	0,00614	0,00802	0,01037	0,01225

Заметим, что по прошествии суток a/y₀ увеличивается примерно на одинаковое значение, значит, скорее всего, реакция разложения пероксида имеет нулевой порядок, т. е. скорость разложения не зависит от концентрации.

Тогда за 6 суток отношение a/y₀ меняется в среднем на $0,01225/6 = 2,04 \cdot 10^{-3}$

в каждый момент времени отношение числа атомов A к атомам B примерно равно 2 : 1, что указывает на воду.

Тогда пусть n(H₂O₂) = x моль, n(H₂O) = y моль. Исходя из этого,

$$x(O) = \frac{2x + y}{3y + 4x} = 0,3399$$

Значит, y/x = 32,5, тогда

сколько пероксида находится в растворе в каждый момент времени.

Используем уравнение, составленное в п. 1, и вычислим соотношение x/y в каждый момент времени:

какой-то момент времени. Посчитаем a/y₀ в зависимости от времени, зная, что $x/y = (x_0 - a)/(y_0 + a)$:

за сутки, значит, чтобы разложился весь пероксид и содержание кислорода не менялось, требуется $0,0308/2,04 \cdot 10^{-3} = 15,1$ суток.

3. Раствор пероксида водорода применяется в качестве антисептика, а также может использоваться для обесцвечивания волос.



Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За определение состава раствора X – 3 балла, за массовую долю пероксида – 2 балла, воды – 2 балла.	7 баллов
2. Определение того, сколько пероксида разложилось в каждый момент времени – 5 баллов; указание на нулевой порядок – 5 баллов; оценка количества суток – 4 балла.	14 баллов
3. За каждую указанную область применения – 2 балла.	4 балла
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи №3 (автор задачи – Н.В. Мещеряков)

1. Бинарных соединений, реагирующих с водой с выделением газа, не так уж и много. Скорее всего, эти бинарные соединения содержат неметалл. Данным неметаллом не могут быть галогены, кислород или азот, потому что продукты гидролиза такого соединения вряд ли будут реагировать с амидом натрия. А углеводороды прекрасно будут вступать в описанные реакции, следовательно, общий элемент X – углерод.

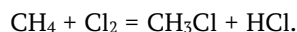
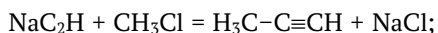
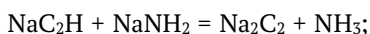
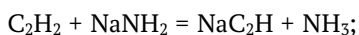
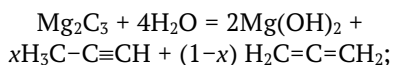
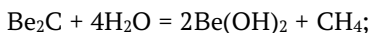
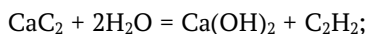
Тогда из информации о том, что D реагирует с амидом натрия дважды, можно сделать вывод, что в его молекуле есть два подвижных протона, а значит, D – ацетилен. Тогда продукты D₁ и D₂ очевидны. Поскольку из D₁ и E₁ образуется F, являющийся углеводородом, то это означает, что E₁ – монохлорпроизводное. Тогда попробуем определить B и E. Поскольку D – ацетилен, то, скорее всего, A – CaC₂, значит, в состав B входит металл II группы. Проверим расчётом.

Молярная масса B, приходящаяся на один атом углерода, равна $12/0{,}4 = 30$ г/моль; тогда, вычитая углерод, получим 18 г/моль, что «напоминает» два атома бериллия. Значит, B – Be₂C, E – CH₄, E₁ – CH₃Cl. Исходя из этого, F – пропин. Поскольку вместе с F выделяется газ G, то, скорее всего, это изомер пропина, а именно пропадиен. Тогда бинарное соединение C должно содержать металл II группы и анион C₄³⁻, и этому удовлетворяет Mg₂C₃.

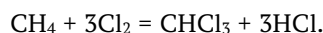
CaC₂

Вещество	A	B	C	D	E
	CaC ₂	Be ₂ C	Mg ₂ C ₃	C ₂ H ₂	CH ₄
Вещество	F	G	D ₁	D ₂	E ₁
	H ₃ C-CCH	H ₂ C=C=CH ₂	NaC ₂ H	Na ₂ C ₂	CH ₃ Cl

2. Уравнения реакций:



3. Могут образовываться все возможные хлорпроизводные метана, например, дихлорметан и трихлорметан:





Критерии оценивания:

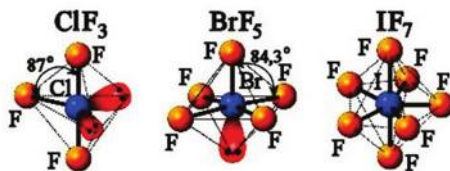
Пункт	Балл
1. За элемент X – 2 балла, за каждое из веществ А–G – 2 балла.	16 баллов
2. За каждую реакцию – 1 балл.	7 баллов
3. За реакцию образования каждого продукта – 1 балл.	2 балла
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи №4 (автор задачи – Н.В. Мещеряков)

1. Сначала посмотрим на соединение С. Мы видим в нем валентный угол 72° , а $72^\circ \cdot 5 = 360^\circ$. То есть, можно сказать, что вокруг одного атома Y находится 5 атомов X в вершинах правильного пятиугольника. Тогда, поскольку есть атомы другого типа и угол между ними и атомами в пятиугольнике равен 90° , они лежат на прямой, проходящей через атом Y и перпендикулярной плоскости пятиугольника. Так как там есть угол 180° между атомами данного типа, мы однозначно понимаем, что все атомы X лежат в вершинах пентагональной бипирамиды, тогда С – YX_5 . Значит, X одновалентен и достаточно мал по размеру, и на эту роль подходит фтор. Тогда С – IF_7 , поскольку только иод может координировать около себя 7 атомов фтора.

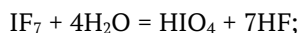
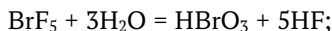
Значит, А и В – также интергалогениды. Поскольку все углы в В близки к прямым, то вокруг атома Y лежит 4 атома X в вершинах квадрата, и есть еще один атом фтора, выходящий из плоскости, следовательно, В – YF_5 .

Тогда, поскольку в А есть углы, близкие к прямым и развернутому, то единственная подходящая структура – Т-образная, значит, А – YF_3 . Поскольку $M(A) < M(B)$ и А, В и С разные, А – ClF_3 , В – BrF_5 .



Строение интергалогенидов
https://topuch.ru/pni-bojinsha-10-sinip-oushisini-zindik-jmisini-jospari-v2/307383.html_ad1ddae79bcbf8f3.jpg

2. Уравнения реакций:



Критерии оценивания:

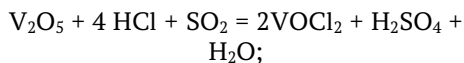
Пункт	Балл
1. Определение геометрии каждого из соединений – 4 балла, расшифровка состава каждого из соединений – 3 балла.	21 балл
2. За каждую из реакций – 1 балл.	4 балла
ИТОГО:	25 баллов

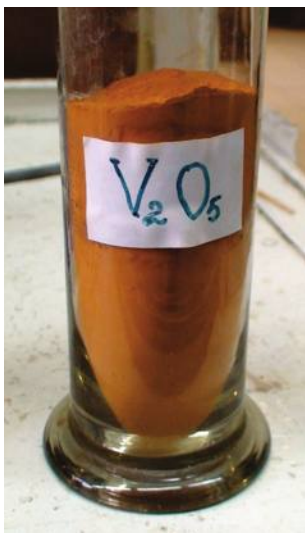
Решение задачи №5 (автор задачи – Ю.А. Хорошилов)

1. Элемент X – ванадий, что можно понять из названия, указания на окраски и расчёта.

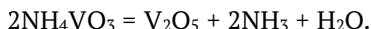
A	B	C	D
V_2O_5	VCl_3	$VOCl_2$	VO_2

Уравнения реакций:

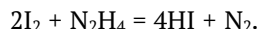


 V_2O_5

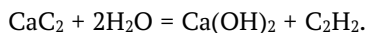
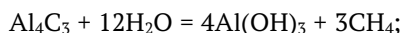
2. Все реакции протекают с образованием целевого продукта и легко отделяемых веществ: газов, воды или осадков (в задаче нет примера). Их можно отнести к классу препаративных синтезов.



3. Элемент Y – иод, соответственно, простое вещество $Y_2 = I_2$, а кислота, получаемая восстановлением иода – HI.



4. К таким реакциям можно отнести гидролиз карбидов алюминия или кальция для получения метана и ацетилена соответственно:



Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За элемент X и каждое из веществ A–D – 3 балла. За каждую реакцию – 1 балл.	18 баллов
2. Критерий – 1 балл, определение общего между реакциями – 1 балл, метод синтеза – 1 балл.	3 балла
3. Кислота E, элемент Y – по 1 баллу, уравнение реакции – 1 балл.	3 балла
4. За реакцию – 1 балл.	1 балл
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи №6 (автор задачи – Ю.А. Хорошилов)

Исходя из свойств элемента и простого вещества, можно сделать вывод, что A – сера; к тому же известно, что у серы существует модификация S_8 .

Сера на воздухе сгорает до оксида серы (IV), или сернистого газа.

Конденсация избытка сернистого газа над раствором KF и последующие манипуляции с реакционной массой – метод синтеза фторсульфита калия KSO_2F (Y) [1].

Фторсульфит калия является активным фторирующим агентом. Он способен переводить комплексные соедине-

ния, содержащие хлор, во фторсодержащие: $Ni(PCl_2Me)_4$ количественно переходит в $Ni(PF_2Me)_4$ (D) [2].

Под давлением сернистого газа (200 кПа) протекает диспропорционирование фторсульфита калия с образованием молекулярной серы, фторида калия и фторсульфата калия (B) [1].

В присутствии воды фторсульфит калия гидролизуетсся с образованием дисульфита калия $K_2S_2O_5$ (C), SO_2 и гидрофторида калия KHF_2 , спрятанного за многоточием [2].

A	X	X_8	Г	Y	B	C	D
S (элемент)	S	S_8	SO_2	KSO_2F	KSO_3F	$K_2S_2O_5$	$Ni(PF_2Me)_4$

Использовать же вакуумную отгонку необходимо для понижения температуры кипения ДМСО. Это позволяет не перегревать продукт, как при обычном упаривании раствора.



Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За определение соединений А, Х, Х ₈ , Г – 2 балла, за У, В-Д – 3 балла.	20 баллов
2. За каждое из названий – 1 балл.	2 балла
3. За обоснование – 3 балла.	3 балла
ИТОГО:	25 баллов

Литература:

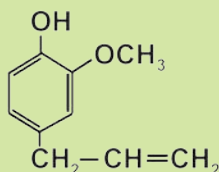
1. Kornath A., Neumann F., Ludwig R. Vibrational Spectra and Structural Aspects of Fluorosulfites. // Inorganic Chemistry, 1997, 36(24), 5570–5573. doi:10.1021/ic970315o.
2. Seel F., Ballreich K., Schmutzler R. Über Fluorophosphin-Komplexe des Nickels. // Chemische Berichte, 1961, 94(5), 1173–1184. doi:10.1002/cber.19610940502.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Эвгенол



Эвгенол $C_{10}H_{12}O_2$ – это органическое вещество, относящееся к классу фенолов. Применяется в медицине (эндодонтия и фармакология), косметологии, парфюмерии и кулинарии.

В стоматологии эвгенол применяется в качестве оттискового материала, антисептика и анальгетика местного действия, а вместе с оксидом цинка входит в состав множества силеров. Силер – это смесь веществ, представляющая собой пасту и используемая для пломбирования каналов зуба. Цинкоксидэвгеноловые силеры широко использовались в прошлом, так как они просты в применении, доступны и экономичны. При этом в сочетании с оксидом цинка данные силеры обладают антимикробным, обезболивающим и дезинфицирующим действием. Однако в настоящее время не рекомендуется широкое применение цемента на основе цинкоксид-эвгенола без вспомогательных средств.

Эвгенол содержится в составе лекарств эфкамон, стопангин и пародонтоцид.

Так как эвгенол входит в состав эфирного масла гвоздики, он обладает характерным пряным запахом этого растения и пользуется популярностью в косметологии и парфюмерии, входя в состав отдушек для мыла, шампуней, бальзамов для губ и других косметических средств.

В составе сухих цветков гвоздики эвгенол широко используется как пряность в кулинарии. Без гвоздики многие блюда: выпечка, мясо и соусы – не имеют своего особенного вкуса и аромата.

Несмотря на приносимую пользу, эвгенол может быть опасен для людей с хроническими заболеваниями пищеварительной системы, аллергиков, для людей с непереносимостью. В больших количествах это вещество является цитотоксичным, поэтому использовать его и употреблять продукты, содержащие его в составе, следует с осторожностью.

Вера Л.

**Морозова Наталья Игоревна**

Закончила химический факультет МГУ, кандидат химических наук, доцент СУНЦ МГУ. Основное занятие – преподавание химии 11-классникам, методическая работа, научная работа в области радиохимии и органического катализа, организация дистанционного обучения и очных мероприятий для школьников.

Загорский Вячеслав Викторович

Кандидат химических наук, доктор педагогических наук, профессор СУНЦ МГУ имени М.В. Ломоносова



Второй тур Интернет-олимпиады СУНЦ МГУ 2021-22: задания по ХИМИИ

Второй тур Интернет-олимпиады СУНЦ МГУ является отборочным. На его основании участники проходят (или нет) на третий, заключительный тур. В отличие от заключительного тура, на отборочном проверка проводится автоматически, задания представляют собой тесты разного типа.

Подробнее об Интернет-олимпиаде СУНЦ МГУ см.
<https://internat.msu.ru/distantsionnoe-obuchenie/internet-olympiad/>

Задания для учащихся 7 – 8 классов**Задача 1.**

На фото – некий кристаллогидрат соли натрия. В этой соли также содержится хром в количестве 34,9 % (масс.). Найдите число молекул воды, приходя-

щих на одну формульную единицу кристаллогидрата.

Решение:

Судя по оранжевой окраске, вещество представляет собой дихромат (а не хромат, имеющий желтый цвет; различные хромиты зеленых оттенков также исключаются).

Пусть формула кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Выразим массовую долю хрома:

$$\omega(\text{Cr}) = M(\text{Cr})/M(\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 52 \cdot 2 / (262 + 18x) = 0,349.$$

Отсюда находим $x = 2$.

Ответ: 2.

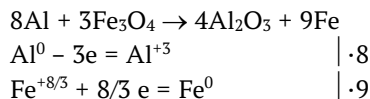
Задача 2.

Какой коэффициент должен стоять в уравнении реакции перед простым веществом – продуктом взаимодействия алюминия с Fe_3O_4 ?

Решение:

Сильное нагревание инициирует восстановление Fe_3O_4 алюминием.

Уравняем реакцию:



(Приводить электронный баланс не обязательно, реакцию можно уравнять любым способом).

Ответ: 9.

Задача 3.

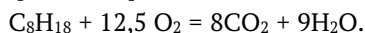
Посмотрите фильм по адресу <https://www.youtube.com/watch?v=5UIyG2QB7IM>.

Кислород объемом 4 л (н. у.) перенес пары бензина в пластмассовую бутылку. При взрыве бензин и кислород прореагировали полностью. Сколько г бензина испарилось и перенесено кислородом? Средняя формула бензина C_8H_{18} . Ответ округлите до десятых.

Решение:

Средняя молярная масса бензина $96 + 18 = 114$ г/моль.

Уравнение реакции:



Масса бензина:

$$\begin{aligned} m(\text{бензина}) &= M(\text{бензина}) \cdot v(\text{бензина}) = \\ &= M(\text{бензина}) \cdot v(\text{O}_2) / 12,5 = M(\text{бензина}) \cdot V(\text{O}_2) / (22,4 \cdot 12,5) = \\ &= 114 \cdot 4 / (22,4 \cdot 12,5) = 1,63 \text{ г} \approx 1,6 \text{ г}. \end{aligned}$$

Ответ: 1,6.

Задача 4.

Сколько моль водорода находится в 11,2 л n -гексана при н. у.? Округлите до десятков.

Решение:

Гексан – жидкость. Находим в любом справочнике плотность гексана при н. у. – это 0,655 г/см³ или 655 г/л. Масса 11,2 л гексана:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{14}) = V \cdot \rho = 11,2 \cdot 655 = 7336 \text{ г}.$$

Количество гексана:

$$\begin{aligned} v(\text{C}_6\text{H}_{14}) &= m(\text{C}_6\text{H}_{14}) / M(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 7336 / 86 \\ &= 85,3 \text{ моль}. \end{aligned}$$

На каждую молекулу гексана приходится 14 атомов H, следовательно:

$$\begin{aligned} v(\text{H}) &= 14v(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 14 \cdot 85,3 = \\ &= 1194,2 \text{ моль} \approx 1190 \text{ моль}. \end{aligned}$$

Ответ: 1190.

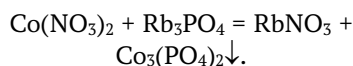
Задача 5.



На фото – результат сливания растворов нитрата кобальта и фосфата рубидия. Какое вещество находится в растворе? Индексы записывайте строчными цифрами, используйте только латинские буквы и не ставьте пробелов (например: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$).

Решение:

Протекает реакция обмена:





Фосфаты двухзарядных катионов не-растворимы, а соли щелочных металлов растворимы (см. таблицу растворимо-

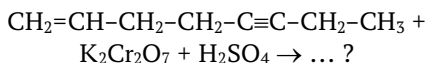
сти). Значит, фосфат кобальта находится в осадке, а нитрат рубидия в растворе.

Ответ: RbNO_3 .

Задания для учащихся 9 – 10 классов

Задача 1.

Какой коэффициент должен стоять перед восстановителем в уравнении реакции



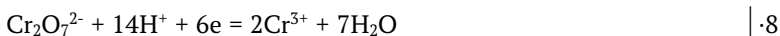
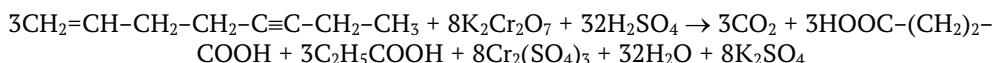
Решение:

В кислой среде сильные окислители, такие как перманганат, дихромат и т.п., разрывают кратные связи полностью, и происходит окисление атомов углерода в месте разрыва по всем свободным ва-

лентностям и всем атомам водорода. Таким образом, органическими продуктами будут углекислый газ CO_2 , янтарная (бутандиовая) кислота $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$ и пропионовая (пропановая) кислота $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$.

Дихромат-ион в кислой среде восстанавливается до катиона Cr^{3+} .

Уравняем реакцию (это можно делать любым способом, не обязательно методом электронно-ионного баланса, приведенным здесь):



Ответ: 3.

Задача 2.



На фото – некий кристаллогидрат соли натрия. Эта соль содержит также хром в количестве 15,2 % (масс.).

Найдите число молекул воды, входящих в одну формульную единицу кристаллогидрата.

Решение:

Судя по желтой окраске, вещество представляет собой хромат (а не дихромат, имеющий оранжевый цвет, и тем более не красный трихромат; различные хромиты зеленых оттенков также исключаются).

Пусть формула кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CrO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Выразим массовую долю хрома:

$$\omega(\text{Cr}) = \frac{M(\text{Cr})}{M(\text{Na}_2\text{CrO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O})} = \frac{52}{162 + 18x} = 0,152.$$

Отсюда находим $x = 10$.

Ответ: 10.

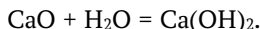
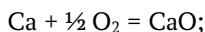
Задача 3.

2,0 г кальция сожгли в избытке кислорода, продукт сгорания поместили в воду и пропускали в полученную взвесь оксид

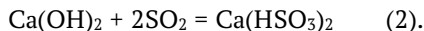
серы (IV) до прекращения поглощения газа. Определите массу образовавшейся соли. Ответ округлите до целых.

Решение:

При сгорании кальция в кислороде получается оксид, реагирующий с водой с образованием гидроксида:



Гидроксид кальция может взаимодействовать с оксидом серы по-разному, в зависимости от соотношения реагентов:



Согласно описанию, оксид серы находился в избытке, т. е. взаимодействие происходит по реакции (2), и образуется гидросульфит кальция.

$$\begin{aligned} m(\text{Ca(HSO}_3)_2) &= M(\text{Ca(HSO}_3)_2) \cdot \nu(\text{Ca(HSO}_3)_2) \\ &= M(\text{Ca(HSO}_3)_2) \cdot \nu(\text{Ca}) = \\ M(\text{Ca(HSO}_3)_2) \cdot m(\text{Ca}) / M(\text{Ca}) &= 202 \cdot 2 / 40 = \\ 10,1 &\approx 10 \text{ г.} \end{aligned}$$

Ответ: 10.

Задача 4.

Расположите вещества в порядке увеличения прочности кристаллической решетки. Запишите получившийся порядок их номеров без пробелов и знаков препинания.

1) SiH₄; 2) HCl; 3) CaH₂; 4) H₂; 5) HF.

Решение:

Прочность кристаллической решетки определяется несколькими факторами. Прежде всего это тип химической связи. Почти все перечисленные вещества построены из молекул и имеют молекулярную решетку, в которой молекулы притягиваются друг к другу лишь за счет слабых ван-дер-ваальсовых взаимодействий. Но CaH₂ имеет ионную кристаллическую решетку, а притяжение

между ионами гораздо сильнее. Поэтому у CaH₂ самая прочная кристаллическая решетка.

Чем определяется сила ван-дер-ваальсовых взаимодействий? Прежде всего полярностью молекул. Чем они полярнее, тем сильнее отрицательные концы диполей притягиваются к положительным. Полярность связи Э–Н падает с уменьшением электроотрицательности Э (от HCl к SiH₄), в молекуле водорода связь неполярная, и межмолекулярное взаимодействие минимально.

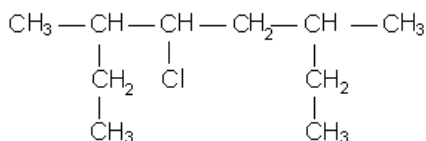
Чем прочнее кристаллическая решетка, тем выше температура плавления (т. е. ее разрушения). Свои выводы можно проверить по справочным данным:

	4) H ₂	1) SiH ₄	2) HCl	5) HF	3) CaH ₂
T _{пл} , °C	-259	-185	-114	-83	814

Ответ: 41253.

Задача 5.

Дайте название изображенному веществу по систематической номенклатуре.



Помните, что при записи названия пробелы между знаками препинания (дефисы, запятые), буквами и цифрами не ставятся. Например: 3,4-диметилпентен-4-он-2.

Решение:

Выбираем главную цепь. Она должна иметь наибольшую длину. Такая цепь состоит из 8 атомов. Нумеруем ее так, чтобы сумма номеров заместителей была минимальной. Хлор – нефункциональный заместитель, поэтому и хлор, и углеводородные заместители располагаем в алфавитном порядке и не забываем поставить *каждому* в соответствие число, обозначающее положение в цепи.

Ответ: 3,6-диметил-4-хлороктан.

**Ромашов Леонид Владимирович**

Куратор 11 класса Московской городской олимпиады школьников по химии. Кандидат химических наук, научный сотрудник Института органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, доцент факультета химии НИУ ВШЭ и химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, заведующий химическим отделением школы № 192 г. Москвы, тренер сборной России по подготовке к Международной химической олимпиаде

LXXVIII Московская олимпиада школьников по химии (11 класс)

Представляем вниманию читателей комплект заданий Московской городской олимпиады школьников по химии прошедшего года, и начинаем с заданий для 11 класса. Рекомендуем, прочитав условие, попытаться найти решение самостоятельно, а не приступать к его чтению сразу же.

Справочные данные

$$R = 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$
$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$
$$\Delta H^\circ - T \Delta S = -RT \cdot \ln K$$

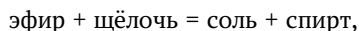
Задача 1

При щелочном гидролизе 10 г сложного эфира **A** получили 11,36 г натриевой соли **B** и 5,42 г спирта **B**. В промышленности эфир **A** получают взаимодействием газов **Г** и **Д** со спиртом **В** на палладиевом катализаторе в присутствии нитрозных газов. Газы **Г** и **Д** в организме человека связываются с одним и тем же веществом **Е**, причем **Г** связывается в сотни раз лучше, чем **Д**. Взаимодействие эфира **A** с эквимолярным количеством о-фенилендиамина (1,2-диаминобензола) приводит к образованию соединения **Ж**, являющегося основой многих антагонистов ионотропных глутаматных рецепторов. Каталитическое гидрирование эфира **A** дает смесь спиртов **В** и **З**. При взаимодействии спирта **З** с эфиром **A** образуется соединение **И**, которое при нагревании с хлоридом цинка полимеризуется с образованием полимера **К**. Определите вещества **A – К** (исполь-

зуйте структурные формулы, где это возможно).

Решение:

Поскольку щелочной гидролиз описывается уравнением:



найдем массу гидроксида натрия, вступившего в реакцию:

$$m(\text{NaOH}) = m(\text{соли}) + m(\text{спирта}) - m(\text{эфира}) = 11,36 + 5,42 - 10 = 6,78 \text{ г},$$

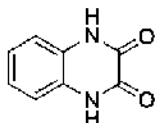
что соответствует $6,78/40 = 0,1695$ моль NaOH.

Количество спирта, как правило, равно количеству щёлочи, использованной для гидролиза, поэтому молярная масса спирта **B** равна $5,42/0,1695 = 32 \text{ г/моль}$, что соответствует метанолу CH_3OH . Молярная масса эфира **A** равна $10/0,1695 = 59 \text{ г/моль}$ на каждый моль гидроксида натрия, пошедший на гидро-



лиз. Если предположить, что кислота в эфире **A** была двухосновной, то молярная масса эфира **A** $M(A) = 118$ г/моль. Вычитаем молярные массы двух метильных групп и четырёх атомов кислорода, остаётся 24 г/моль, что соответствует двум атомам углерода. Таким образом, сложный эфир **A** – это диметилосалат.

Получают диметилосалат взаимодействием метанола с кислородом и угарным газом. Вместо кислорода можно предположить, что **D** – углекислый газ, однако в данном случае не будет реализоваться синтез диметилосалата. Реакция проходит в присутствии нитрозных газов, т.е. должен быть компонент смеси, способный окислять NO в NO₂. Таким образом, углекислый газ отменяется, и остаются только CO и O₂. Оба газа в организме человека связываются с гемоглобином (вещество **E**). Так как угарный газ связывается с гемоглобином лучше, чем кислород, газ **Г** – это угарный газ CO, а газ **D** – кислород O₂. При взаимодействии эфира **A** с *o*-фенилендиаминном происходит образование циклического диамида **Ж** (хиноксалиндиона):



При гидрировании диметилосалата образуются метанол **B** и этиленгликоль **З**. Взаимодействие этиленгликоля с диметилосалатом даёт циклический диэфир этиленосалат **И**. Полимеризация **И** приводит к образованию полиэтиленосалата **К**.

Аминокислота **I**, открытая лишь в конце XX века, входит в состав активных центров некоторых жизненно важных ферментов и содержит 8,33 % азота (по массе). Лабораторный синтез аминокислоты **I** можно осуществить следующим образом. К суспензии гидрохлорида серина в тетрагидрофуране по каплям прибавляют эквивалентное количество тионилхлорида. Упаривание раствора при-

Формулы веществ:

А	
Б	Na ₂ C ₂ O ₄
В	CH ₃ OH
Г	CO
Д	O ₂
Е	гемоглобин (структурная формула не требуется), гем – полный балл, если просто указано «железо» – половина баллов
Ж	 (допускается изображение таутомеров)
З	
И	 (правая формула также оценивается полным баллом)
К	 (за неверно выбранное мономерное звено – половина баллов)

Критерии оценивания:

Формулы веществ **A** – **К** – по 2 балла (всего 20 баллов).

Ответ без расчётов – 0 баллов.

Итого 20 баллов.

Задача 2

водит к кристаллизации ионного соединения **II**, содержащего 44,31 % хлора (по массе). При взаимодействии NaBH₄ с суспензией простого вещества **III** в этаноле получается соль **IV**, летучее бинарное соединение **V** с сильным неприятным запахом, простое вещество **VI** и соединение **VII**, горящее зелёным пламенем. Для селективного протекания реакции, необходимо, чтобы боргидрид



натрия и вещество **III** были взяты в соотношении 2 : 3 (по молям). К раствору соединения **II** добавляют водный раствор аммиака, пока pH не станет равен 9. После этого к полученному раствору добавляют спиртовой раствор соли **IV**. Полученный раствор подкисляют до pH = 2 и охлаждают. При этом выпадают кристаллы вещества **VIII**. На последней стадии вещество **VIII** растворяют в 0,5 М растворе NaOH и небольшими порциями прибавляют NaBH₄. Подкисление до pH = 5,5 приводит к образованию аминокислоты **I**. Определите вещества **I** – **VIII** и запишите уравнение синтеза соли **IV**.



Горение вещества **VII**

(<https://i.ytimg.com/vi/7655ZsqfIFY/maxresdefault.jpg>)

Решение:

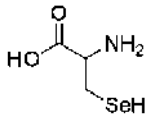
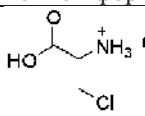
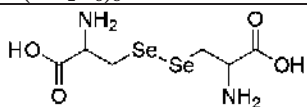
Рассчитаем молярную массу аминокислоты **I** в расчете на 1 атом азота: $14/0,0833 = 168$ г/моль. Вычитая из этого значения молярную массу фрагмента CH₂CH(NH₂)COOH, который присутствует практически во всех аминокислотах, получаем 80 г/моль, что соответствует группе SeH. Таким образом, аминокислота **I** – это селеноцистеин.

Соль **W**, состоящая из трёх элементов, содержащая 46,93 % натрия (по массе), является довольно необычной. Если поместить соль **W** в воду, то получится раствор, имеющий сильнощелочную среду. Соль **W** взаимодействует с углекислым газом с образованием соединений **X** и **Y**, каждое из которых находит широкое применение. Полу-

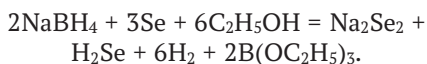
Взаимодействие серина с хлористым тионом приводит к замене группы OH на Cl.

Твёрдое простое вещество **III** – селен. В задаче описывается синтез селеноцистина **VIII** и его восстановление до селеноцистеина **I**.

Формулы веществ:

I	 (допускается запись в цвиттер-ионной форме)
II	 (допускается запись в форме гидрхлорида), за непротонированную форму – половина баллов
III	Se
IV	Na ₂ Se ₂
V	H ₂ Se
VI	H ₂
VII	B(OC ₂ H ₅) ₃
VIII	

Уравнение реакции:



Критерии оценивания:

Формулы веществ **I** – **VIII** – по 2 балла (всего 16 баллов).

Уравнение реакции – 4 балла (с неверными коэффициентами – 2 балла).

Итого 20 баллов.

Задача 3

чают соль **W** сплавлением соединения **X** с бинарным соединением **Z**, содержащим 74,19 % натрия (по массе) при высоком давлении.

Определите вещества **W** – **Z**. Изобразите структуру Льюиса для аниона в соли **W**. Рассчитайте pH раствора, полученного при растворении 1 г соли **W** в 2 литрах воды (изменением объёма рас-

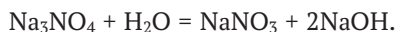


твор пренебречь). Укажите области применения соединений **X** и **Y**.

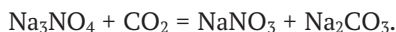
Решение:

Исходя из массовой доли натрия в соединении **Z**, находим, что **Z** – оксид натрия Na_2O .

Поскольку соль **W** получается при сплавлении с оксидом натрия, по всей видимости, соль **W** содержит оксоанион. Молярная масса соли **W** равна $23/0,4693 = 49$ г/моль на каждый атом натрия в формульной единице. Перебирая различные количества натрия, находим, что формула соли **W** – Na_3NO_4 – это ортонитрат натрия. Ортонитрат натрия взаимодействует с водой, давая смесь нитрата натрия и гидроксида натрия:



Взаимодействие Na_3NO_4 с углекислым газом дает смесь нитрата и карбоната натрия:

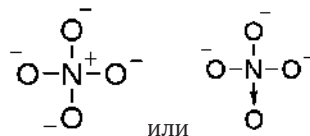


Таким образом, вещество **X** – NaNO_3 , а **Y** – Na_2CO_3 .

Нитрат натрия применяется как азотное удобрение (натриевая селитра) и в пиротехнике, а карбонат натрия используется в производстве стекла, мыла, стиральных порошков и др.

Ионное соединение **A** при нагревании обратимо изомеризуется в вещество **B** молекулярного строения (реакция 1), причем при 140°C равновесная смесь содержит 28 % вещества **B**, а при 180°C – 22 %. Альтернативным способом получения вещества **B** является взаимодействие бинарных соединений **C** и **D** (реакция 2). Вещество **C** является горючей, нерастворимой в воде жидкостью, а вещество **D** бесцветным газом с резким запахом, очень хорошо растворимым в воде. В промышленности вещество **B** получают взаимодействием веществ **E** и **F** с водой и углекислым газом (реакция 3). Известно, что вещество **E** состоит из трёх элементов и содержит 50 % кальция (по массе), а вещество **F**

Структура Льюиса для аниона соли **W**:



(вариант с двойной связью $\text{N}=\text{O}$ оценивается половиной баллов).

Рассчитаем pH раствора ортонитрата в 2 л воды.

$$v(\text{Na}_3\text{NO}_4) = 1/147 = 6,80 \cdot 10^{-3} \text{ моль};$$

$$v(\text{NaOH}) = 2v(\text{Na}_3\text{NO}_4) = 0,0136 \text{ моль};$$

$$c(\text{NaOH}) = v/V = 0,0136/2 = 6,80 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = 2,17;$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 11,83.$$

Критерии оценивания:

Формулы веществ **W** – **Z** – по 3 балла (всего 12 баллов).

Структура Льюиса аниона соли **W** – 2 балла (1 балл, если есть связь $\text{N}=\text{O}$).

Области применения веществ **X** и **Y** – по 1 баллу (всего 2 балла)

Расчёт pH – 4 балла (из них 1 балл за вывод о том, что среда раствора определяется гидроксидом натрия).

Итого 20 баллов.

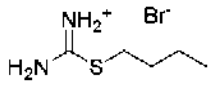
Задача 4

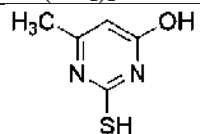
представляет собой бесцветный газ с запахом «тухлых яиц». Вещество **B** реагирует с 1-бромбутаном с образованием ионного соединения **G** (реакция 4). При кипячении соединения **G** в водном растворе гидроксида натрия (реакция 5) среди прочих продуктов образуется соединение **H**, используемое в качестве удобрения. Соединение **H** можно получить напрямую из вещества **B** при его взаимодействии с водным раствором хлорида ртути (II) (реакция 6). Взаимодействие вещества **B** с метиловым эфиром уксусной (3-оксобутановой) кислоты в щелочной среде приводит к образованию ароматического соединения **I** (реакция 7). Определите вещества **A** – **I** и напишите уравнения реакций



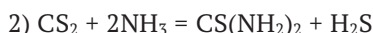
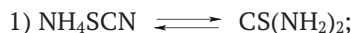
1 – 7. Рассчитайте ΔH° реакции 1 (зависимостью энтальпии и энтропии от температуры пренебречь).

Решение:

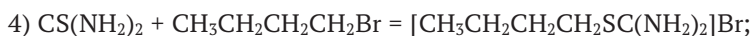
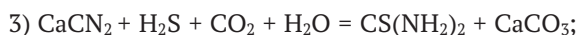
A	NH_4SCN
B	$\text{CS}(\text{NH}_2)_2$
C	CS_2
D	NH_3
E	CaCN_2
F	H_2S
G	 (допускаются другие резонансные структуры тиурониевой соли)

H	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
I	 (если вместо гидроксильной группы метоксигруппа – 0,5 балла)

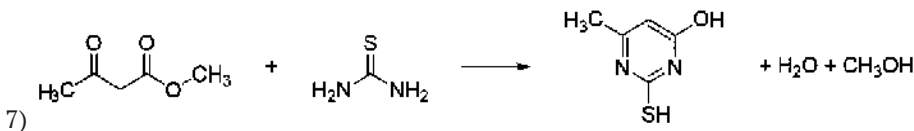
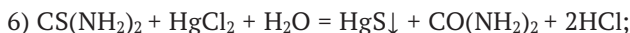
Уравнения реакций:



(допускаются варианты с образованием сульфида или гидросульфида аммония);



(допускается вариант с написанием меркаптана в качестве серосодержащего продукта);



Константа равновесия связана с температурой следующим соотношением:

$$\ln K = -\Delta H^\circ / RT + \Delta S^\circ / R.$$

Используя значения константы равновесия при двух разных температурах, получаем:

$$\Delta H^\circ = RT_1 T_2 \cdot \ln(K_2 / K_1) / (T_2 - T_1).$$

Переведем температуру в кельвины:

$$T_1 = 140^\circ \text{C} = 413 \text{ K},$$

$$T_2 = 180^\circ \text{C} = 453 \text{ K}.$$

Соответствующие значения констант равновесия:

$$K_1 = 0,28 / 0,72 = 0,389;$$

$$K_2 = 0,22 / 0,78 = 0,282.$$

Подставим найденные значения констант равновесия в выражение для расчёта энтальпии:

$$\Delta H^\circ = 8,314 \cdot 413 \cdot 453 \cdot \ln(0,282 / 0,389) / (453 - 413) = -12509 \text{ Дж/моль} = -12,5 \text{ кДж/моль}.$$

Критерии оценивания:

Формулы веществ **A – I** – по 1 баллу (всего 9 баллов).

Уравнения реакций 1–7 – по 1 баллу (всего 7 баллов, неуровненные реакции оцениваются половиной баллов).

Расчёт энтальпии – 4 балла (из них 1 балл за расчёт констант равновесия, 1 балл за верно определённый знак энтальпии, 1 балл за формулу, связывающую энтальпию и константу равновесия). При верном расчёте энтальпии балл за константы выставляется автоматически, даже если отдельный расчёт констант не производился. Ответ без формул и расчётов – 0 баллов.

Итого 20 баллов.



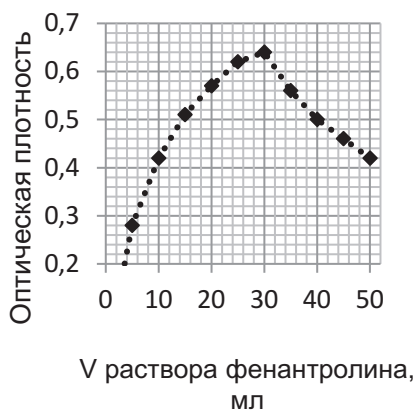
Задача 5 (в соавторстве с А.Е. Трофимовым)

Спектрофотометрия является эффективным методом определения концентраций веществ, поглощающих свет в видимой, а также в ближних ИК- и УФ-областях спектра. Через исследуемый раствор пропускается луч монохроматического света, после чего прибор фиксирует интенсивность прошедшего излучения. На основании полученных данных прибор выдаёт значение оптической плотности, которая связана с концентрацией поглощающего вещества и интенсивностью входящего и выходящего света законом Бугера-Ламберта-Бэра:

$$A = \varepsilon \cdot C \cdot l = -\lg(I / I_0),$$

где A – оптическая плотность раствора, ε (л·моль⁻¹·см⁻¹) – коэффициент экстинкции, зависящий от природы вещества и длины волны поглощаемого света; C (моль/л) – молярная концентрация вещества, поглощающего свет; l (см) – длина оптического пути света в растворе; I и I_0 – интенсивности вошедшего и вышедшего излучения соответственно.

Смешали 10 мл 2,5·10⁻⁴ М раствора FeSO₄ и V мл 2,5·10⁻⁴ М раствора 1,10-фенантролина в воде. Были измерены оптические плотности аликвотных порций полученных растворов. На графике отображена зависимость оптической плотности исследуемого раствора от V ($\lambda = 515$ нм, $l = 1$ см, $I_0 = 5$ Вт, Fe²⁺ и фенантролин на этой длине волны не поглощают, спектрофотометр откалиброван по дистиллированной воде).

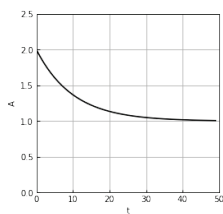


1. Определите состав образующегося комплекса.

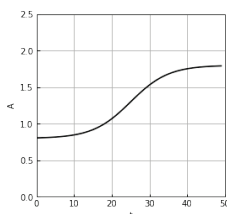
2. Рассчитайте коэффициент экстинкции этого комплекса.

3. Сколько фотонов в секунду (в среднем) поглощает одна молекула комплекса при $V(\text{фенантролина}) = 30$ мл? Считайте, что в поглощении участвует весь объём раствора.

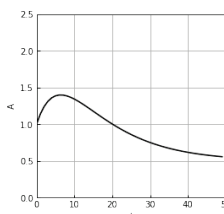
Спектрофотометрия нашла своё применение и в кинетических исследованиях: за изменением оптической плотности в ходе реакции довольно просто наблюдать, а исходя из полученных данных, можно сделать большое количество выводов. Ниже приведены графики, отображающие зависимость оптической плотности раствора от времени протекания реакций $R \rightarrow P$ (где R – реагент, P – продукт). Механизмы этих превращений неизвестны.



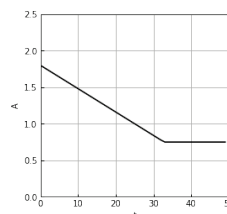
(1)



(2)



(3)



(4)

4. Определите, существуют ли модельные реакции, соответствующие приведённым зависимостям $A(t)$ (ответ

обязательно обоснуйте с точки зрения химической кинетики). Если существуют, то:



а) приведите уравнения стадий в простейшем механизме этой реакции;

б) определите, как соотносятся коэффициенты экстинкции веществ, участвующих в этой реакции;

в) где возможно, определите порядки по реагенту R.

Решение:

1) Из графика видно, что сначала оптическая плотность раствора возрастает до объема ~30 мл, после чего уменьшается. Объяснить это можно тем, что сначала образуется комплекс, хорошо погло-

$$v([\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}) = v_0(\text{Fe}^{2+}) = C_0(\text{Fe}^{2+}) \cdot V_0 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ М} \cdot 10 \text{ мл} \cdot 10^{-3} \text{ мл/л} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ моль}.$$

Тогда

$$C([\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}) = v([\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+})/V_{\text{общ}} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ моль} / 0,04 \text{ л} = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ М}.$$

По закону Бугера-Ламберта-Бэра

$$A \approx 0,64 = \varepsilon \cdot C \cdot l \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varepsilon = A/(C \cdot l) = 0,64/(6,25 \cdot 10^{-5} \text{ М} \cdot 1 \text{ см}) = 10240 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}.$$

3) По определению

$$A = -\lg(I/I_0) \Rightarrow$$

$$P/E = \frac{3,85 \text{ Вт} \cdot 515 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 9,98 \cdot 10^{18} \text{ с}^{-1} = 1,657 \cdot 10^{-5} \text{ моль/с}.$$

Количество фотонов, которое в среднем поглощает одна молекула комплекса, можно найти как отношение числа поглощённых фотонов за одну секунду к количеству комплекса:

$$\alpha = \frac{1,657 \cdot 10^{-5} \text{ моль/с}}{2,5 \cdot 10^{-6} \text{ моль}} = 6,63 \text{ с}^{-1}.$$

4) Первый график:

а) Похоже на обычную реакцию превращения вещества R с большим ε в вещество P с меньшим ε :



б) $\varepsilon_{\text{R}} > \varepsilon_{\text{P}}$.

в) Нельзя определить.

Второй график:

а) Видно, что скорость изменения оптической плотности сначала очень низкая, затем увеличивается, проходит через своё максимальное значение и в конце начинает уменьшаться. Такое по-

шающий свет при 515 нм, а затем раствор начинает разбавляться, поскольку всё железо (II) прореагировало. Комплекс железа можно записать в виде $[\text{Fe}(\text{phen})_n]^{2+}$, тогда объём раствора 1,10-фенантролина, необходимого для стехиометрического образования комплекса, будет равен 10n мл. Поскольку максимальная концентрация комплекса достигается при V = 30 мл, логично предположить, что состав комплекса – $[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}$.

2) При V = 30 мл суммарный объём раствора будет равен 40 мл,

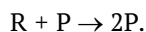
$$\Rightarrow I_{\text{погл}} = I_0 - I = I_0(1 - 10^{-A}) = 5 \text{ Вт} \cdot (1 - 10^{-0,64}) = 3,85 \text{ Вт}.$$

Энергия одного фотона:

$$E = h\nu = hc/\lambda.$$

Тогда количество поглощённых комплексом фотонов за одну секунду равно

ведение свойственно автокаталитическим реакциям:

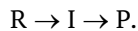


б) $\varepsilon_{\text{P}} > \varepsilon_{\text{R}}$.

в) Нельзя определить.

Третий график:

а) На этом графике наблюдается максимум оптической плотности, поэтому логично предположить наличие механизма последовательных стадий с образованием интермедиата I:



б) $\varepsilon_{\text{I}} > \varepsilon_{\text{R}} > \varepsilon_{\text{P}}$.

в) Нельзя определить.

Четвёртый график:

а) Оптическая плотность линейно меняется, после чего достигает постоянного значения, что намекает на реакцию нулевого порядка:



$R \rightarrow P$.

б) $\varepsilon_R > \varepsilon_P$.

в) Скорость изменения оптической плотности линейна, значит, скорость изменения концентраций тоже линейно зависит от времени, следовательно, это реакция нулевого порядка.

Критерии оценивания:

1) 2 балла за верный состав комплекса.

2) 3 балла за верный расчёт концентрации комплекса, 3 балла за коэффициент экстинкции (всего 6 баллов).

3) 3 балла за верный расчёт количества поглощённых фотонов в секунду (из них 1 балл за расчёт энергии фотона и 1 балл за расчёт поглощаемой мощности). Правильно рассчитанное значение количества фотонов без отдельного расчёта энергии фотона и поглощаемой мощности оценивается полным баллом. Ответ без расчётов – 0 баллов.

4) По 1 баллу за каждый правильный и обоснованный ответ в подпункте, подпункт в) оценивать только для последнего графика (всего 9 баллов).

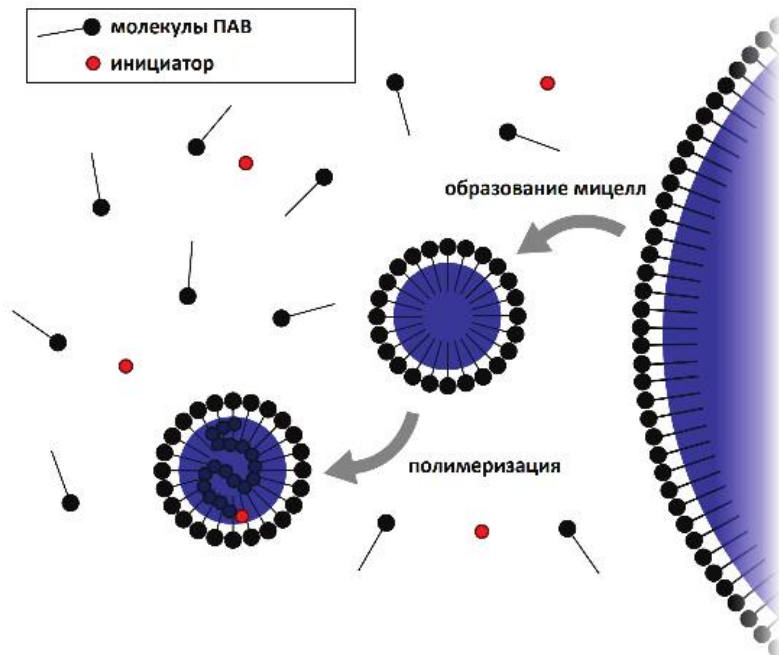
Итого 20 баллов.

Задача 6 (в соавторстве с К.С. Козловым)

Эмульсионная полимеризация – один из распространённых промышленных способов получения полимеров. Данный процесс применяется для синтеза многих каучуков, полистирола, поливинилацетата, а также для получения широко применяемого в промышленности и быту полимера **P**.

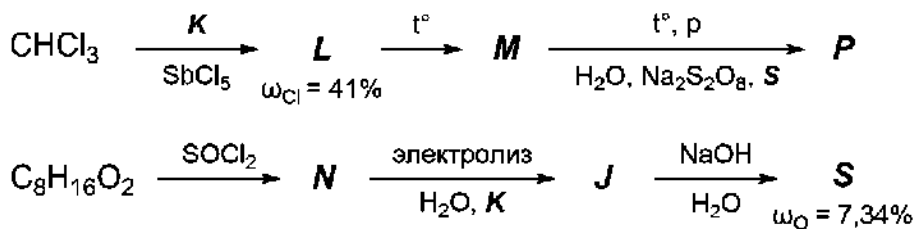
Эмульсионная полимеризация применяется для радикальной полимеризации олефиновых мономеров. При проведении процесса чаще всего исполь-

зуют воду и мономер, нерастворимый или плохо растворимый в воде, при этом образуется эмульсия, для стабилизации которой добавляют поверхностно активные вещества (ПАВ). Молекулы ПАВ образуют мицеллы, внутри которых происходит полимеризация. При синтезе полимера **P** в качестве мономера используют соединение **M**, а в качестве ПАВ – соединение **S**. Для иницирования процесса используют $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$.





Мономер **M** и поверхностно активное вещество **S** получают по следующей схеме:



1. Определите и назовите вещества **K**, **L**, **M**, **P**, **N**, **J**, **S**, $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$, запишите уравнения представленных на схеме реакций. Где в быту можно встретиться с полимером **P**? Вещество **K** при 25 °С является едким бесцветным газом с относительной плотностью по неону, равной 1. Из какого минерала и каким образом в промышленности получают **K**? Приведите название минерала и уравнение реакции.

2. При проведении эмульсионной полимеризации важно контролировать размер образующихся мицелл. Для определения радиуса мицелл используют уравнение Эйнштейна:

$$D = \frac{k_B T}{6\pi\eta r},$$

где D – коэффициент диффузии, k_B – постоянная Больцмана, T – температура, η – вязкость, r – радиус мицелл.

Определите радиус мицелл в среде с вязкостью $1,03 \cdot 10^{-2}$ Пуаз, если коэффициент диффузии $9,214 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$, а измерения проводили при 25 °С. Рассчитайте молярную массу мицелл и количество молекул ПАВ в одной мицелле, если плотность чистого вещества **S** 1,13 г/мл. Для всех расчётов примите, что мицеллы имеют сферическую форму и состоят только из молекул вещества **S**. $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$. 1 Пуаз = 0,1 Па·с.

Решение:

1) Исходя из массовой доли хлора в соединении **L**, можно рассчитать молярную массу. Если в соединении содержится один атом хлора, то $M(\text{L}) = 86,5 \text{ г/моль}$, за вычетом хлора и углерода остается 39 г/моль, что соответствует атому водорода и двум атомам фтора. Тогда **L** – CHClF_2 (дифторхлорметан).

Исходя из схемы, вещество **K** содержит фтор и может быть элементарным фтором или фтороводородом. Поскольку это бесцветный газ, то **K** – HF . Молярная масса $\text{HF} = 20 \text{ г/моль}$, что совпадает с молярной массой неона.

Так как эмульсионную полимеризацию проводят для олефиновых мономеров, то **M** содержит двойную связь. При пиролизе дифторхлорметана происходит отщепление хлороводорода и образование дифторкарбена, который сдвигается в тетрафторэтилен, при полимеризации последнего образуется политетрафторэтилен, также известный как тефлон или фторопласт-4.

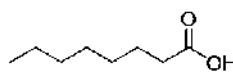
Вещество с формулой $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$ имеет степень ненасыщенности 1 и содержит цикл или двойную связь. Поскольку на первой стадии действуют хлористым тионилем, то, скорее всего, это карбоновая кислота, и из нее получают хлорангидрид. Тогда $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$ – октановая или каприловая кислота, а **N** – октаноилхлорид. Так как вещество **S** является ПАВ и получается при взаимодействии производного карбоновой кислоты со щёлочью, то, скорее всего, **S** – это натриевая соль, и в молекуле осталась карбонильная группа. Тогда, исходя из массовой доли кислорода в **S**, молярная масса **S** при расчёте на два атома кислорода равна 436 г/моль. За вычетом двух кислорода, одного натрия и восьми углеродов остаётся 285 г/моль, что соответствует пятнадцати атомам фтора. Тогда вещество **S** – это полностью фторированный октаноат натрия $\text{C}_8\text{F}_{15}\text{O}_2\text{Na}$, который получают из перфтороктаноилфторида, вещества **J**. В качестве соединения **J** также засчитывается перфтороктановая кислота и перфтороктаноилхлорид.



фтороводород

К

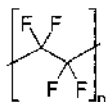
тетрафторэтилен

Моктановая кислота
каприловая кислота $\text{C}_8\text{H}_{15}\text{O}_2$ 

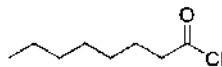
перфтороктаноилфторид

J

дифторхлорметан

К

политетрафторэтилен

Р

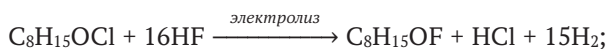
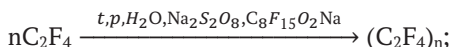
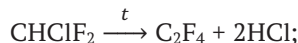
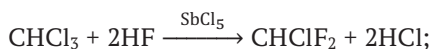
октаноилхлорид

N

перфтороктаноат натрия

S

Уравнения реакций:

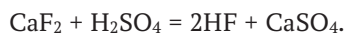


ФУМ-лента

В быту можно встретиться с тетрафторэтиленом на кухне, тефлон используют как антипригарное покрытие для сковородок. Также из тефлона изготавливают ФУМ-ленту (универсальный уплотнитель для резьбы).

Вещество **К**, то есть фтороводород, получают из фторида кальция (название

минерала – плавленый шпат или флюорит) действием серной кислоты:



2) Расчёт по уравнению Эйнштейна проводят, переводя все единицы в СИ, тогда вязкость $1,03 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Радиус мицелл:

$$r = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (273 + 25)}{6 \cdot 3,14 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 9,214 \cdot 10^{-11}} = 2,3 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 2,3 \text{ нм}.$$

Молярную массу мицелл (она также называется мицеллярной массой ПАВ) можно найти, зная объём одного моля мицелл и плотность, так как мицеллы имеют сферическую форму и состоят только из молекул ПАВ. Молярный объём мицелл:

$$V_m = V_{\text{мицеллы}} \cdot N_A = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot N_A = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (2,3 \cdot 10^{-9})^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 0,0307 \text{ м}^3/\text{моль}.$$

Умножив полученное значение на плотность, можно найти молярную массу мицелл:

$$M_{\text{мицелл}} = V_m \cdot \rho = 0,0307 \cdot 1130 = 34,691 \text{ кг/моль} = 34691 \text{ г/моль}.$$



Количество молекул в одной мицелле (оно также называется числом ассоциации, обозначается m) можно найти, разделив молярную массу мицелл на молярную массу ПАВ:

$$m = M_{\text{мицелл}}/M_{\text{ПАВ}} = 34691/436 = 79,57 \approx 80 \text{ молекул.}$$

Критерии оценивания:

1) За каждое соединение и название по 0,5 балла, всего 8 баллов. За каждое

уравнение по 0,5 балла, всего 3 балла. За применение тефлона 1 балл. За название минерала и реакцию получения фтороводорода по 1 баллу, всего 2 балла.

Всего за первый пункт 14 баллов.

2) За расчёт радиуса мицелл 2 балла. За расчёт молярной массы мицелл 2 балла. За расчёт количества молекул в одной мицелле 2 балла.

Всего за второй пункт 6 баллов.

Итого 20 баллов.

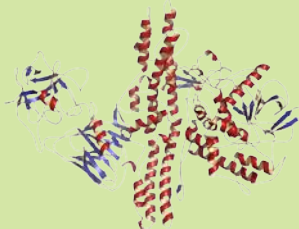
Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Ботулотоксин

Ботулотоксин – невероятно нейротоксичное вещество белковой природы, синтезируемое клостридиями рода *botulinum*. При его попадании в пищеварительную систему человека и некоторых других животных он вызывает ботулизм – тяжелейшую интоксикацию, почти неизбежно приводящую к параличу дыхательной мускулатуры, гибели тканей, в первую очередь нервной, и, как следствие, смерти. Ботулотоксин не подвергается разрушению под воздействием ферментов-протеиназ благодаря своей сложной третичной структуре при молярной массе 150000 г/моль.



Структура ботулотоксина (<https://sclerodermnews.com/wp-content/uploads/2015/01/botulinum-toxin.jpg>)

В XX веке при подготовке к химической и бактериологической войне разрабатывались методы производства токсина ботулизма для военных и диверсионных целей, а в США и во время Второй мировой войны это вещество рассматривалось в качестве кандидата на становление перспективным биологическим оружием.

Однако ботулотоксин, несмотря на всю его опасность, очень широко и успешно применяется в медицине. Вот некоторые примеры: лечение спазмов путём ингибирования синапсов, активирующих мышечные сокращения; лечение гиперактивности поперечнополосатой мускулатуры и мышц сфинктеров; лечение гиперфункции экзокринных желёз; разглаживание мимических морщин; купирование мигреней. Благодаря биоинженерии стало возможным редактирование структуры и состава молекулы ботулотоксина, что делает её специфичным «доставщиком» лекарств в синапсы. Это полезно, например, при миастении.

Если учесть это, ботулотоксин уже не кажется таким вредным или бесполезным. Это уникальная молекула со свойствами, способными ещё долго удивлять биохимиков и физиологов по всему миру. Если обратить её свойства на пользу человечества, она может спасти множество жизней, существенно облегчить проведение сложных биологических манипуляций.

Егор Ц.



Исследовательская деятельность



Гликзон Ксения Константиновна

Ученица 7 класса МОУ СОШ № 1 г. Рыбинск, призер конкурса «Гениальные мысли» XVI Всероссийской олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в будущее!» 2022 г., победитель Всероссийского конкурса промышленного дизайна и ресурсосберегающих технологий «Экотон», призер Регионального этапа Всероссийского конкурса юных исследователей окружающей среды «Открытие 2030» 2021 г., призер Всероссийского конкурса по микробиологии «Невидимый мир» 2022 г., победитель регионального отборочного конкурса профессионально-предпринимательских проектов школьников «ПрофСтарт» 2022 г.

Несвит София Сергеевна

Ученица 6 класса МОУ СОШ № 1 г. Рыбинск, победитель Всероссийского конкурса промышленного дизайна и ресурсосберегающих технологий «Экотон»



Шаульская Дарья Денисовна

Ученица 7 класса МОУ Лицей № 2 г. Рыбинск, победитель Всероссийского конкурса промышленного дизайна и ресурсосберегающих технологий «Экотон» 2021 г., призер Регионального этапа Всероссийского конкурса юных исследователей окружающей среды «Открытие 2030» 2021 г., призер Всероссийского конкурса по микробиологии «Невидимый мир» 2022 г., победитель регионального отборочного конкурса профессионально-предпринимательских проектов школьников «ПрофСтарт» 2022 г.

Петрова Ульяна Александровна

Ученица 8 класса МОУ Гимназия № 18 им. В.Г. Соколова г. Рыбинск, призер Регионального этапа Всероссийского конкурса юных исследователей окружающей среды «Открытие 2030» 2021 г., призер Всероссийского конкурса по микробиологии «Невидимый мир» 2022 г., победитель регионального отборочного конкурса профессионально-предпринимательских проектов школьников «ПрофСтарт» 2022 г.



Иванова Софья Дмитриевна

Ученица 7 класса МОУ СОШ № 21 г. Рыбинск, победитель Всероссийского конкурса промышленного дизайна и ресурсосберегающих технологий «Экотон» 2021 г.



Петрова Ольга Вячеславовна

*Педагог дополнительного образования Рыбинского филиала ГОАУ
ДО ЯО ЦДЮТТ Детский технопарк «Кванториум», г. Рыбинск*

Бальзам для волос из алоэ древовидного с наночастицами серы

В последние годы люди стали задумываться над пользой и качеством употребляемой косметической продукции. Сейчас популярен здоровый образ жизни, и поэтому всё больше людей стало употреблять натуральную косметику, стремясь сохранить своё здоровье. Главная особенность натуральной косметики состоит в поддержании и стимулировании хорошего состояния кожи. Школьники из Рыбинска попробовали совместить традиции с прогрессивными технологиями: натуральные растительные компоненты из алоэ древовидного и касторовое масло с наночастицами серы.

Структура волос

В стержне волоса различаются три концентрических слоя. *Медулла* — центральное мозговое вещество. Это центральная часть волосяного стержня, которая представлена у человека не во всех видах волос. Например, в пушковых волосах медулла отсутствует. Мозговое вещество заполняют пузырьки воздуха, благодаря этому волос обладает определённой теплопроводностью.

Кортекс — корковый слой, основная часть волоса (составляет от 80 до 85 процентов его объёма). Этот слой состоит из миллионов кератиновых волокон. Они закручены и связаны между собой прочными поперечными связями.

Кутикула — наружный (покровный, чешуйчатый) слой. Кутикула выполняет защитную, барьерную функцию. Она образована 6–10 перекрывающимися слоями прозрачных пластинок кератина, связанных между собой как многочисленными попе-

речными связями, так и липидными прослойками. Кутикула препятствует механическим воздействиям на волос. Неповреждённая кутикула хорошо отражает свет, волосы блестят, эластичны и не ломаются.

Волосы вырастают примерно на 1–2 сантиметра за месяц. Рост нового волоса начинается от волосяного сосочка, который находится в основании волосяной луковицы. Клетки делятся внутри коркового вещества (в средней части луковицы) — эта зона, прилежащая непосредственно к волосяному сосочку, называется *матриксом*.

В устье волосяного фолликула открывается проток сальной железы, содержащей кожное сало — маслянистую субстанцию, которая выделяется на поверхность кожи волосистой части головы. Кожное сало, наряду с отшелушенными клетками эпидермиса и нормофлорой¹, является основной защитной ман-

¹ Нормофлора – постоянный состав бактерий кожи головы.

тейей кожи. Кроме того, оно смазывает волосы, придавая им эластичность, гладкость и, в определенной степени, водоотталкивающую способность.

Срок жизни волоса колеблется от 2 до 5 лет, жизненный цикл состоит из трёх стадий. Каждый волосиной фолликул генетически запрограммирован на производство примерно 25–27 волос. Каждый волос живёт по своему «индивидуальному графику», а потому разные волосы в одно и то же время находятся на разных стадиях жизненного цикла: 85% волос находятся в фазе активного роста (анагена); 1% в фазе покоя (катагена); 14% в стадии выпадения (телогена) [1]. Строение стержня волоса представлено на рис. 1. Мы исследовали волосы с помощью оптического микроскопа и выяснили отличие нормальных, жирных и сухих волос друг от друга. На поверхности сухих волос чешуйки обло-

маны (рис. 2А); на нормальных волосах чешуйки находятся на расстоянии 1,5 мкм друг от друга (рис. 2Б), а на жирных – через 1 мкм (рис. 2В).



Рис. 1. Строение стержня волоса
(<https://clinicaveka.ru/publications/stroenie-volosa.html>)

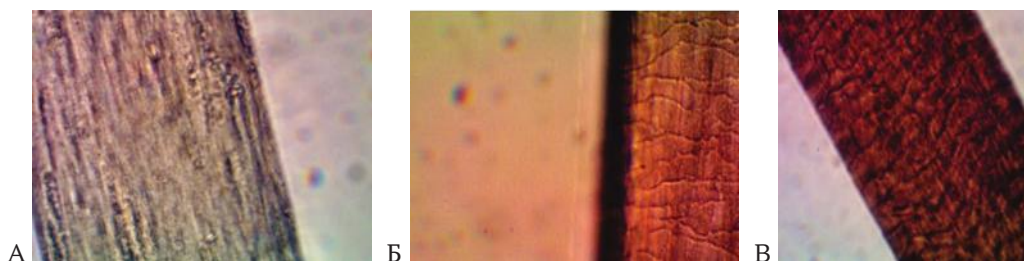


Рис. 2. Волосы в оптическом микроскопе: А) сухие волосы, Б) нормальные волосы, В) жирные волосы

Мы решили создать бальзам для оздоровления кожи головы и питания волос (для всех типов волос). Гель алоэ, касторовое масло и наночастицы серы хорошо подойдут для этой цели. Предварительно мы исследовали аналоги на рынке: 1) бальзам для волос женский профессиональный, глубокое

увлажнение сухих волос, натуральный (основное вещество – гель из алоэ Вера, объём 200 мл, цена 661 руб.); 2) бальзам-концентрат для волос (состав: гель из Aloe Vera, 200 мл, цена 198 руб.); 3) бальзам-ополаскиватель Алоэ и Манго (состав: гель из Aloe Vera и манго, 275 мл, цена 255 руб.).

Гель из листьев алоэ древовидного (*Aloe arborescens* Mill.)

Главное достоинство алоэ – огромный спектр действия. Он имеет в своем составе полисахариды, антиоксиданты, флавоноиды, аминокислоты, алоины и органические кислоты (табл. 1 и 2) [2], поэтому экс-

тракт или сок алоэ входит в состав самых разнообразных средств. Огромной популярностью пользуются также универсальные моногели, в которых может содержаться до 98 % сока алоэ вера.

Табл. 1. Результаты идентификации компонентов сока *A. arborescens* (ВЭЖХ)

Компонент	Относительное содержание, %
Эскулетин	2,54
Ванилиновая кислота	5,35
Алоэнин	20,70
Умбеллиферон	2,10
Алоин А	12,78
Алоин В	13,39

Табл. 2. Химический состав сока *A. arborescens*

Группа соединений	Содержание		
	% в соке	мг/мл сока	% от массы сухих веществ сока
Сухие вещества	2,34	23,41	100
Зольность	0,63	6,29	26,88
Органические кислоты, в т. ч.	0,492	4,92	21,02
- свободные	0,095	0,95	4,06
- связанные	0,397	3,97	16,90
Аминокислоты свободные	0,036	0,36	1,54
Углеводы общие, в т. ч.	1,16	11,62	49,64
- свободные углеводы	1,05	10,52	44,94
- полисахариды	0,110	1,10	4,70
Пироновые соединения	0,011	1,05	4,49

Витамин Е

Основные функции витамина Е – защита мембран клеток, белков, жиров и ДНК, связывание свободных радикалов, которые вызывают старение орга-

низма. Витамин Е не очень чувствителен к воздействию высокой температуры, но свет и кислород для него губительны.

Наночастицы серы

Длинные полипептидные цепи, расположенные в волокнах коркового слоя волоса параллельно друг другу, связываются между собой с помощью дисульфидных мостиков (образованных атомами серы). Если бы не эти ковалентные связи между аминокислотными остатками соседних цепей, они бы разошлись, и волокно распалось. Именно поперечные связи придают кератину его уникальные качества: прочность и эластичность. Дисульфидные связи весьма прочны, в основном именно они обуславливают природную прочность волос. На разрыве и последующем восстановлении определённой части этих связей основан принцип химической завивки волос. Поэтому одним из ингредиентов бальзама мы взяли наночастицы серы.

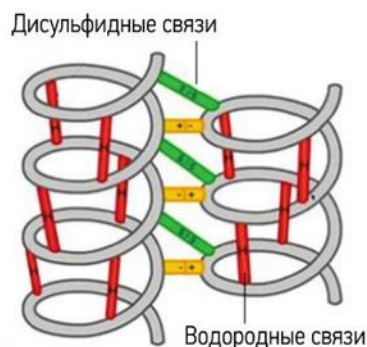


Рис. 3. Дисульфидные связи S-S. Поперечные связи между волокнами волоса

<https://clinicaveka.ru/publications/stroenie-volosa.html>

Водородные связи между соседними полипептидными цепями намного слабее дисульфидных, зато их гораздо больше по количеству. Они образуются благодаря взаимному при-

тяжению атомов водорода и сильно электроотрицательных атомов (кислорода и азота). Эти связи играют важную роль в обеспечении эластичности волос (рис. 3).

Касторовое масло

Для косметического и лечебного применения масло получают путём холодного отжима из семян клещевины обыкновенной (*Ricinus communis*).

Это масло хорошо смягчает и прекрасно впитывается в кожу, делая её мягкой и увлажнённой. Оно питает волосы, делает прочнее и усиливает их рост. Полезные свойства растения, из которого получают касторовое масло, известны с давних времён. Его особенно ценили за ри-

цин. Рицин (рицинолеиновая кислота) стимулирует обменные процессы, разглаживает кожу, увеличивает рост волос [1].

Средний состав касторового масла: 90 % – моновенасыщенная жирная рицинолеиновая кислота, 1 % – насыщенная жирная пальмитиновая кислота, 1 % – насыщенная жирная стеариновая кислота, 3 % – моновенасыщенная жирная олеиновая кислота, 4 % – полиненасыщенная жирная линолевая кислота [1, 3].

Приготовление бальзама

Приготовление геля из листьев алоэ начали с того, что продезинфицировали все инструменты и ёмкости в кипятке. Затем взяли листья алоэ (90–100 г), перевернули их срезами вниз и поставили в стакан на 10 мин. За это время должна была стечь смола, в которой содержится латекс (он может вы-

звать раздражение кожи, если попадёт в гель). Далее извлекли содержимое из листьев алоэ. Оно представляет собой мягкий белый гель. Гель вначале был пенообразным. Из десяти больших листов алоэ получается 50 мл геля. На рис. 4–8 представлены этапы приготовления бальзама.

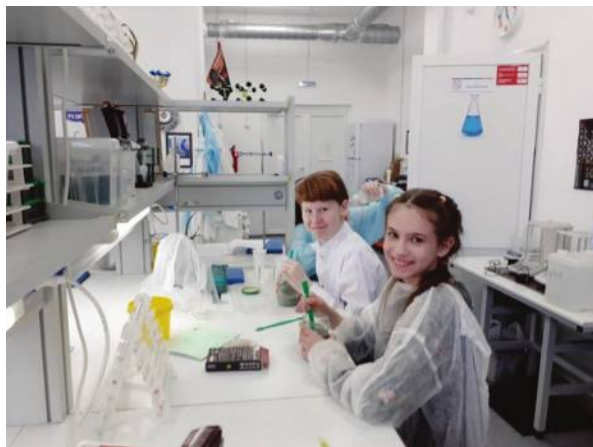


Рис. 4. Команда в начале работы



Рис. 5. Приготовление геля из листьев алоэ



Рис. 6. Витамин Е



Рис. 7. Гель из листьев алоэ перемешан с витамином Е



Рис. 8. Подготовка к внесению касторового масла в гель

Опишем приготовление бальзама. Содержимое двух капсул витамина Е (1 мг) (смешали с гелем из алоэ. Потом добавили одну чайную ложку касторового масла,

1 мл золя наночастиц серы и снова перемешали в блендере. Готовую смесь поместили в банку с плотно закрытой крышкой. Объём полученного бальзама составил 55–60 мл.



Рис. 9. Добавление касторового масла в гель из алоэ



Рис. 10. Готовый бальзам

При комнатной температуре без витамина Е бальзам из алоэ будет храниться несколько дней, а с витамином Е около месяца. Витамин Е – не только питательное вещество, но и хороший природный консервант. Можно использовать и витамин С. В холодильнике в закрытой таре бальзам хранится до 2 месяцев.

Знаете ли вы, как использовать бальзам для волос? Наносите бальзам на кожу головы после мытья шампунем на 2–3 минуты, затем тщательно смывайте теплой водой. Применение бальзама способствует укреплению волос, увеличению их объёма.

Приготовление раствора наночастиц серы

Серу выделяли из тиосульфата натрия с помощью добавления соляной кислоты: были взяты 2 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и 5 мл 1 М раствора HCl [4].



Реакция эндотермическая (протекает с поглощением теплоты). Темпе-

ратура соляной кислоты до реакции +20 °С, температура смеси после прохождения реакции составила +14 °С. (рис. 11, 12)



Рис. 11. Команда синтезирует наночастицы серы



Рис. 12. Встряхивание пробирок после внесения в раствор тиосульфата натрия соляной кислоты

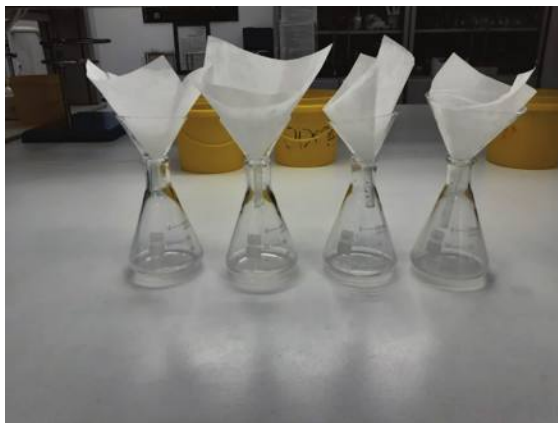


Рис. 13. Фильтрация полученного раствора наночастиц серы

Для определения необходимого объёма золя наночастиц на основании работы «Создание активной добавки к шампуням на основе наночастиц различной природы» [5] было выведено выражение:

$$V_n = X \cdot \frac{N}{d} \cdot \frac{\pi D}{d} \cdot \frac{\pi d^2}{d} \cdot \frac{V_{Sh}}{V_0} \quad (1)$$

где V_n – объём добавки с наночастицами; X – количество волос; N – средняя длина

волоса; D – средний диаметр волоса; d – средний диаметр наночастиц; V_{Sh} – объём шампуня; V_0 – объём шампуня на одно применение (рис. 14).

Проведём вычисления для волос средней длины: $X = 110000$, $N = 0,5$ м, $D = 10^{-4}$ м, $d = 1,5 \cdot 10^{-11}$ м, $V_0 = 10$ мл.

Предположим, что наночастица попадает в область волоса с вероятностью 0,5, тогда в формулу (1) необходимо добавить вероятностный коэффициент 2

(объём золя наночастиц умножается на 2). Но наночастица не находится в состоянии покоя, а совершает флуктуации. Тем самым область, выделяемая на одну наночастицу, составляет $2d$, что добавляет в формулу коэффициент 0,5 (то есть то же выражение надо разделить на 2).

Коэффициент отношения объёма наночастиц к объёму шампуня равен

$$\alpha_0 = \frac{V_n}{V_{Sh}} = 2 \frac{xN\pi^2 Dd}{2 \cdot 6V_0} \quad (2)$$

Подставляя численные значения в (2), получим $\alpha_0 = 0,14$. Объёмная концентрация наночастиц в коллоидном растворе – около 30%. Таким образом, отношение объёма коллоидного раствора наночастиц (V_{cn}) к объёму шампуня равно 0,47.

$$\alpha = \frac{V_{cn}}{V_{Sh}} = 0,47.$$

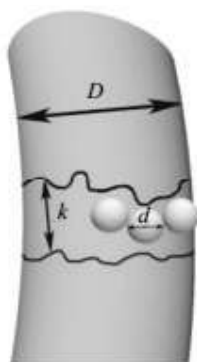


Рис. 14. Приближенная модель наночастиц и кутикулы волоса, используемая при расчётах, где D – средний диаметр волоса, d – средний диаметр наночастицы, k – среднее расстояние между кутикулами волоса [5]

Так как данные расчёты, согласно [5], верны для создания добавки к шам-

пуню из семи видов наночастиц, то мы, используя только наночастицы серы, взяли $1/7$ часть от 0,47, т. е. отношение объёма коллоидного раствора наночастиц серы к объёму шампуня должно быть 0,07. Для 50 мл геля из алоэ понадобится, соответственно, 3,35 мл золя с наночастицами серы.

Доказать, что в отфильтрованном коллоидном растворе содержатся наночастицы серы, можно с помощью пропускания через него лазерного луча. В нашем случае в золе наночастиц серы оптический путь лазерного луча прослеживался в виде небольшого конуса, т. е. наблюдался эффект Тиндаля (рис. 15). В дистиллированной воде лазерный луч не заметен, так как вода не содержит наночастиц. Эффект Тиндаля (или рассеяние Тиндаля) – это оптический эффект, проявляющийся рассеиванием света при прохождении светового пучка через оптически неоднородную среду. Если пропускать пучок когерентного света через коллоидный раствор и вести наблюдение в направлении, перпендикулярном лучу, можно заметить образование в растворе светящегося конуса (конус Тиндаля), видимого на тёмном фоне [6]. Кислотность полученного бальзама равна 7.



Рис. 15. Пропускание лазерного луча через раствор наночастиц серы

Затраты на приготовление 50 мл бальзама – примерно 40 рублей.

Испытания

За два месяца применения бальзама (1 раз в неделю) увеличился объём волос, уменьшилась сухость и тусклость,

волосы стали ярче (рис. 16). В эксперименте принимали участие три человека.

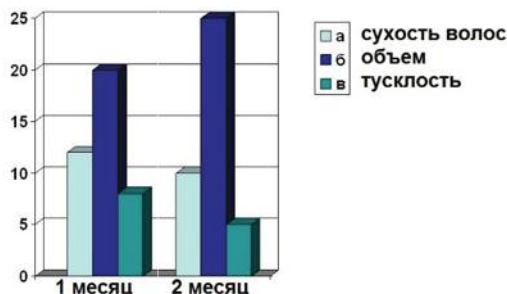


Рис. 16. Диаграмма показателей эффективности использования бальзама для волос

Проведены визуальные наблюдения по изменению тусклости волос. Объём волос определялся по диаметру пучка волос после мытья в сухом состоянии до применения бальзама и после, все испытуемые были с длинными волосами, сухость – по исследованию волоса на микроскопе и тесту [7].

Тест на определение типа волос:

1) Как часто вам нужно мыть голову, чтобы волосы не выглядели грязными?

- А) Мою голову каждые три дня.
- Б) Мою голову каждые выходные.
- В) Мою голову каждый день или через день.

Г) Мою голову через день. Зимой чаще, летом — реже.

2) Имеются ли у вас какие-либо проблемы с кожей головы: зуд, перхоть и т. д.?

- А) Нет.
- Б) После мытья головы есть ощущение стянутости кожи, кожа чешется после использования укладочных средств: например, лака для волос.
- В) Есть жирная перхоть.

Г) Перхоть появляется только при смене шампуня на неудачный.

3) Склонны ли ваши волосы к ломкости?

- А) Такой проблемы не наблюдаю.
- Б) Скорее да.
- В) Волосы жёсткие и достаточно крепкие.

Г) Волосы посечённые на кончиках.

4) Можно ли назвать ваши локоны блестящими?

А) Да, волосы выглядят здоровыми и блестящими.

Б) Волосы выглядят тусклыми.

В) Волосы блестят, но это скорее «жирный» блеск.

Г) Смотрятся блестящими у корней, а кончики безжизненные.

5) Быстро ли высыхают волосы после мытья?

А) Долго.

Б) Очень быстро.

В) Умеренно долго.

Г) Концы высыхают быстро, а корням нужно больше времени.

6) Подвержены ли ваши волосы статическому электричеству?

А) Скорее нет.

Б) Да, очень сильно.

В) Только зимой после головного убора.

Г) Электризуются кончики.

7) Пышные ли у вас волосы?

А) Да.

Б) Мои волосы легкие и постоянно разлетаются.

В) После мытья выглядят пышными, но быстро теряют объём.

Г) Пышные только у кончиков, у корней выглядят прилизанными.

Большинство ответов А означает, что у вас нормальный тип волос, Б – сухие волосы, В – жирные, Г – смешанный тип.

По данным оптической микроскопии (рис. 17), чешуйки на волосах приобрели чёткие границы, кончики волос не секутся.

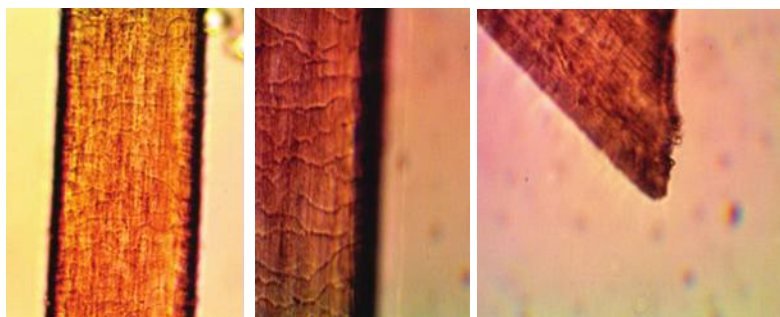


Рис. 17. Волосы под микроскопом после использования бальзама (нормальные, жирные и сухие волосы)

Выводы, заключение, перспективы

В лаборатории Наноквантума детского технопарка «Кванториум» г. Рыбинска мы провели исследования строения волоса, узнали, какие натуральные компоненты можно использовать при создании бальзама и масок для волос. Выбрали компоненты для собственного рецепта и самостоятельно получили гель из алоэ и наночастицы серы. Аналогов бальзама для волос из сока алоэ древовидного и наночастицами серы в продаже нет. Мы создали рецепт и технологическую карту бальзама для волос из алоэ и наночастицы серы с добавлением витамина Е и ка-

сторового масла. Соединив натуральные компоненты с синтезированными частицами серы, мы получили бальзам, испытали его действие на себе и показали, что он очень хорошо восстанавливает волосы, делает причёску пышной, а волосы – густыми. Мы придумали название серии наших средств «АлоэВито» (рис. 18). В дальнейших планах – исследовать наночастицы серы на сканирующем зондовом микроскопе, узнать их размеры и форму, а также продолжить создание препаратов для восстановления волос и кожи головы.



Рис. 18. Этикетка для бальзама и упаковка

Литература

1. Евсеева С.Б., Олейникова Т.А. Фитокомпоненты в решении проблем волос и кожи головы. // Современные проблемы науки и образования. – <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21774>.
2. Оленников Д.Н., Зилфикаров И.Н., Ибрагимов Т.А., Торопова А.А., Танхаева Л.М. Химический состав сока алоэ древовидного (*Aloe arborescens* Mill.) и его антиоксидантная активность (in vitro). // Химия растительного сырья. – <https://cyberleninka.ru/article>

[/n/himicheskiy-sostav-soka-aloe-drevovidnogo-aloe-arborescens-mill-i-ego-antioksidantnaya-aktivnost-in-vitro.](#)

3. Характеристика и свойства касторового масла. // Эверест. – <https://hothim.ru/articles/kastorovoe-maslo>.

4. Массалимов И.А., Берестова Т.В., Ахметшин Б.С., Садиков Э.И., Мустафин А.Г. Получение наночастиц серы в реакции тиосульфата натрия с одно- и двухосновными кислотами в области низких концентраций и изучение их антифунгальной активности. – <https://butlerov.com/files/reports/2018/vol54/5/74/18-54-5-74.pdf>.

5. Жуков М.В., Ампилогова Е.А., Волкова А.В., Марченко М.А., Ишмуратов Д.М., Коровайцева А.Е. Создание активной добавки к шампуням на основе наночастиц различной природы. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2018, т. 18, № 3, с. 407–415. – <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-aktivnoy-dobavki-k-shampunyam-na-osnove-nanochastits-razlichnoy-prirody/viewer>.

6. Оптические свойства коллоидов. Эффект Тиндаля. Опаlescенция, рассеяние света. // Студопедия. – https://studopedia.ru/11_205317_opticheskie-svoystva-kolloidov-effekt-tindalya-opalestsentsiya-rasseyanie-sveta.html.

7. Как определить тип волос: тест. // SALONSECRET. – <https://www.salonsecret.ru/uhod/problems/kak-opredelit-tip-voles>.

8. Международная номенклатура косметических ингредиентов (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients – INCI). – <http://crdrf.ru/wp-content/uploads/2015/11/Mezhdunarodnaya-nomenklatura-kosmeticheskikh-ingredientov.pdf>.

9. Рюшина В.А., Габрук Н.Г., Шутеева Т.А. Идентификация биологически активных компонентов Aloe arborescens miller. // Научные ведомости. Серия «Естественные науки», 2010, вып. 10, № 3 (74), с. 93–96. – <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-biologicheskii-aktivnykh-komponentov-aloe-arborescens-miller>.

10. Базовый уход за волосами: полезная информация и советы по уходу. // Schwarzkopf. <https://www.schwarzkopf.ru/ru/haircare/%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%B2%D1%8B%D0%B5-%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%81%D1%8B/hair-care.html>.

11. Правила ухода за кожей головы. // Skin.ru. – <https://skin.ru/article/uhod-za-kozhej-golovy/>.

12. Статьи о лечении и уходе за волосами. // Trilogic. – <https://www.tricholog.ru/consultation/articles/>.

13. Строение волоса. // Клиника века. – <https://clinicaveka.ru/publications/stroenie-volosa.html>.

14. Уход за волосами в домашних условиях. Рецепты для густоты волос и роста, маски, пилинги. // Леди Эстетик. – <https://ladysdream.ru/uhod-za-volesami-v-domashnih-usloviyah.html>.

15. Уход за волосами в домашних условиях: расти коса до пояса. // Комсомольская правда. – <https://www.kp.ru/guide/ukhod-za-volesami.html>.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

На курсах подготовки к институту.

Преподаватель:

– Решим задачу: На нитке висит брусок. Пуля пробивает его насквозь и летит дальше, потеряв половину скорости. Найдите угол ϕ , на который отклонился брусок.

Девочка с первой парты:

– А у вас есть задачи про белочек и орешки?

Преподаватель:

– Конечно. На нитке висит белочка...



Дорофеев Дмитрий Юрьевич

Учащийся МБОУ СОШ № 2 г. Орёл, призёр конкурса «Гениальные мысли» XVI Всероссийской олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в будущее!»

Грибанов Евгений Николаевич

К.х.н., доцент ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»



Никитина Татьяна Николаевна

Методист БОУ ОО «Созвездие Орла»



Композиционный материал на основе наночастиц меди для переработки углекислого газа

Часто задают вопрос: как правильно проводить и описывать эксперимент? Предлагаем вниманию читателя статью, посвященную сочетанию нанотехнологий и инжиниринга. В ней описано получение нанообъектов, их исследование и конструкция прибора с их использованием.

Нанопорошки меди находят применение в самых различных областях современной науки и техники. Одним из них является восстановление углекислого газа до органических соединений. Такое применение медных наночастиц снижает избыток атмосферного углекислого газа, создающего парниковый эффект, при этом не изменяя общее количе-

ство вещества в углеродном цикле и позволяя попутно получить такие углеводороды как этилен, этиловый спирт и другие вещества, что оказывает положительный экономический эффект.

Мы получили нанодисперсный порошок меди с использованием глюкозы в качестве восстановителя. Медный купорос растворили при 50–60 °С в растворе глю-

козы при мольном отношении глюкозы к меди 1,5 : 1. После полного растворения сульфата меди раствор нагревали до 70 °С и вводили гидроксид натрия (постепенно, в несколько приемов, для поддержания в ходе реакции восстановления значения

pH 6–11, предпочтительно 8–9). Далее раствор выдерживался при постоянной температуре, в результате реакции происходило сначала образование оксида меди (I), а затем металлической меди в виде нанодисперсного порошка (рис. 1).

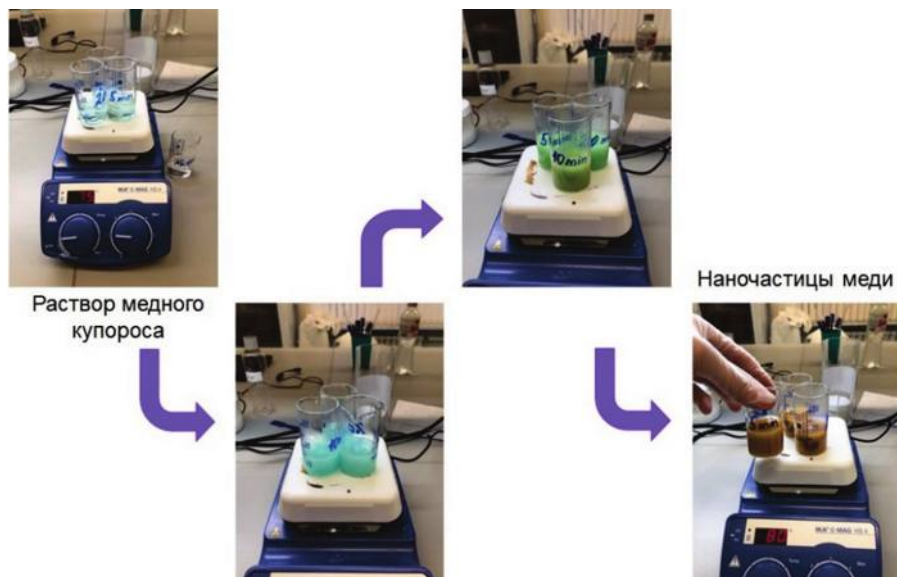


Рис. 1. Получение наночастиц меди

Оптические свойства полученных нанодисперсных частиц меди были исследованы методом спектрофотометрии при длине волны 320–740 нм (рис. 2).

На основании полученных спектров был сделан вывод, что с увеличением

времени выдерживания раствора размер получаемых частиц меди уменьшается, а количество частиц растёт. Это следует из повышения интенсивности пика в районе 640 нм, характерного для наночастиц меди.

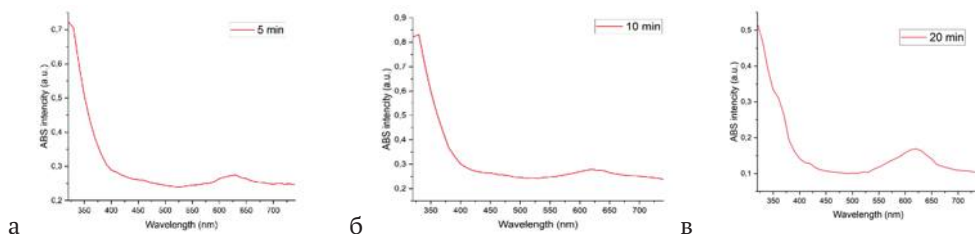


Рис. 2. Спектры наночастиц меди после выдерживания раствора при 70 °С в течение а) 5 мин; б) 10 мин; в) 20 мин

Нанодисперсная медь из последнего раствора (выдержанного при 70 °С в течение 20 мин) была помещена на алюмосиликатную подложку и исследована методом атомно-силовой микроскопии для получения поверхностных и размерных

характеристик. Было замечено, что медь представляет собой обособленные частицы, а не агломераты (рис. 3).

На основании данных лазерного светорассеяния можно сделать вывод, что полученные частицы меди действи-

тельно являются наночастицами и имеют размеры около 80–100 нм (первая фрак-

ция) и 100–250 нм (вторая фракция), а их форма близка к сферической (рис. 4).

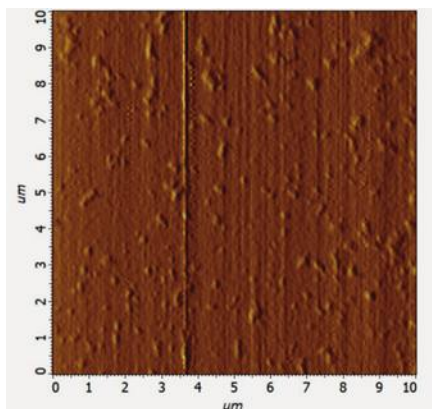


Рис. 3. Наночастицы меди (20 мин) на поверхности подложки

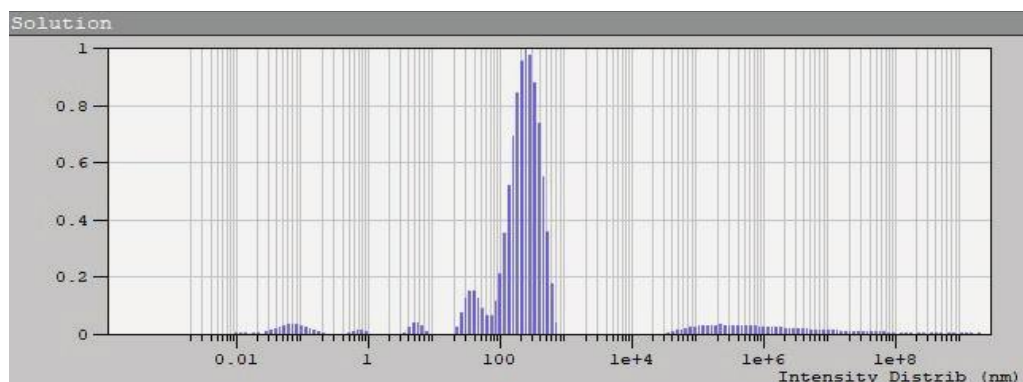


Рис. 4. Лазерное светорассеяние наночастиц меди

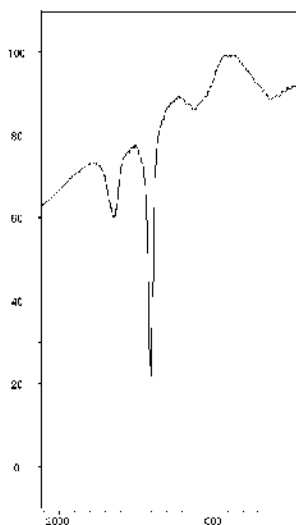


Рис. 5. ИК-спектр наночастиц

Наночастицы также исследовали методом ИК-спектроскопии в области 4000–450 см^{-1} (рис. 5). Сопоставление ИК-спектра образца с данными опубликованных работ, в которых исследовалась нанодисперсная медь [4, 5], и базой данных Zair свидетельствует, что широкая полоса на частоте 500–600 см^{-1} , соответствующая медным наночастицам, присутствует в исследуемом образце. В области частот 1400–1700 см^{-1} наблюдается ряд пиков, которые могут соответствовать плечам при 1400 и 1650 см^{-1} в спектре CuO базы данных Zair, а также деформационным колебаниям в молекулах воды (они могут присутствовать в образце после её неполного испарения). Интенсивный пик в ИК-спектре Cu_2O при 600 см^{-1} и плечо при 1100 см^{-1}

накладываются на соответствующие пик и плечо в спектре CuO . Результаты показывают наличие в полученной смеси, кроме металлической меди, частиц оксида меди (I) и оксида меди (II).

Полученные наночастицы осаждали на предварительно подготовленную матрицу (для изготовления матрицы алюминиевые пластинки обрабатывали пастой ГОИ №3 и погружали в силикат натрия

при нагревании). Образовывалось матовое, пористое покрытие (рис. 6). Полученные модифицированные медными наночастицами пластинки и не модифицированные пластинки исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа (рис. 7). Исходя из полученных результатов сделано предположение, что все поры матрицы стали заполнены нанодисперсной медью.



Рис. 6. Композит

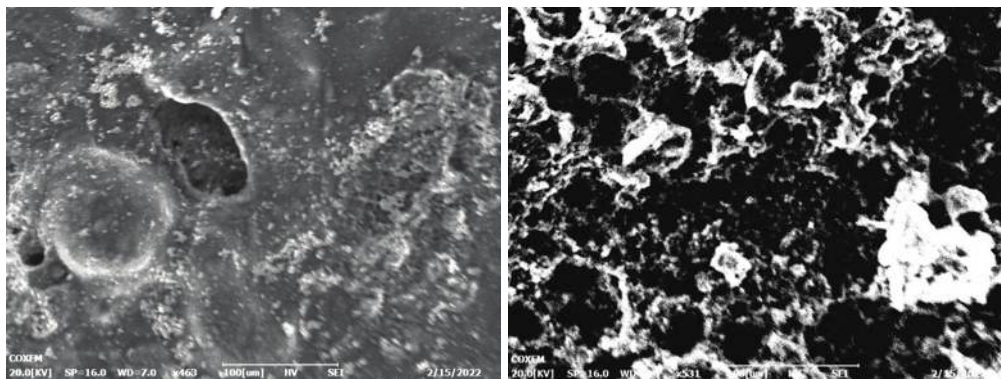


Рис. 7. Результаты сканирующей электронной микроскопии композита, модифицированного медью (слева) и композита без медных наночастиц (справа)

Таким образом, в результате нашей работы были получены наночастицы меди и композиционный материал на их основе. С помощью метода спектрофотометрии была найдена временная закономерность в их приготовлении, а именно, чем дольше выдерживается щелочная среда раствора глюкозы и медного купороса, тем больше увеличивается содержание в нем наночастиц меди. Также была исследована морфология полученной мелкодисперсной меди на под-

ложке методом атомно-силовой микроскопии и сделано предположение об их сферической форме. Был найден размер частиц – от 80 до 100 нм в первой фракции, от 100 до 250 нм во второй фракции – с помощью лазерного светорассеяния. Методом сканирующей электронной микроскопии изучена поверхность композита, и обнаружено, что все поры стали заполнены наночастицами. А ИК-спектр позволил сделать вывод о природе соединений – в коллоидной системе

присутствовала мелкодисперсная медь и её оксиды.

В дальнейшем мы планируем использовать полученный композиционный материал для синтеза органических веществ из углекислого газа. Экспериментальная установка для проверки работы катализаторов уже собрана (рис. 8). Трубку газоанализатора, предназначенную для отбора проб и за-

полненную полученным композиционным материалом, герметично присоединили к сосуду, содержащему углекислый газ. О протекании каталитической реакции с участием CO_2 , полученного, например, реакцией обмена между карбонатом натрия и соляной кислотой, будут судить по изменению концентрации газа после включения газоанализатора.

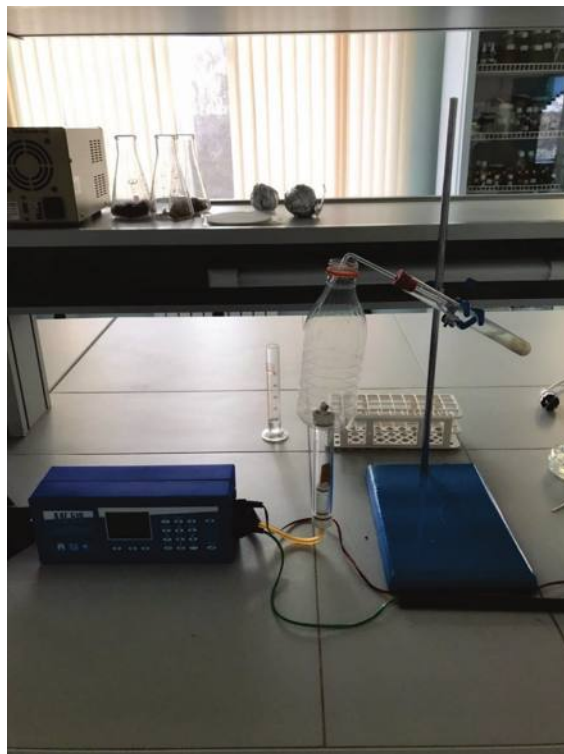
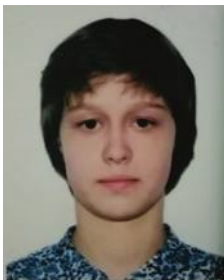


Рис. 8. Экспериментальная установка для проверки работы катализаторов

Литература

1. Медные катализаторы восстановили углекислый газ до чистого этилена. // N + 1. – <https://nplus1.ru/news/2018/01/16/co2-catalysts>.
2. Г.Ю. Сименюк, И.И. Образцова, Н.К. Еременко. Способ получения нанодисперсного порошка меди. – Патент RU 2489232 C1, 20.08.2011.
3. Ф.Г. Рутберг, В.В. Гусаров, В.А. Коликов, И.П. Воскресенская, В.Н. Снегов, А.Ю. Стогов, И.А. Черепкова. Исследование физико-химических свойств наночастиц, полученных с помощью импульсных электрических разрядов в воде. // Журнал технической физики, 2012, т. 82, вып. 12, с. 33.
4. S. Jadhav, S. Gaikwad, A. Rajbhoj. Copper Oxide Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Their Antibacterial Activity. // J. Clust. Sci., 2011, vol. 22, p. 121–129.
5. А.В. Коршунов, А.П. Ильин. Особенности окисления нанопорошков меди при нагревании в воздухе. // Изв. Томского политех. ун-та, 2008, т. 313, вып. 3, с. 5–13.

Эксперимент



Кондратьева Софья Алексеевна

Выпускница 11 класса школы ГБНОУ СО «Самарский региональный центр для одаренных детей», призер конкурса «Гениальные мысли» XVI Всероссийской олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в будущее!».

Научный руководитель работы: Казакевич Павел Владимирович, к. ф.-м. н. с.н.с. ЛЛС СФ ФИА

Субмикронные частицы и наночастицы углерода: получаем в школе и дома

Казалось бы, нанотехнологии – вещь сложная и требовательная к оборудованию. Но наука не стоит на месте, методы получения наночастиц развиваются. Предложенный способ каждый может реализовать сам в школьной лаборатории.

В настоящее время наука стремится к применению универсальных материалов в различных областях. Углеродные субмикронные частицы (УСЧ) – уникальный материал, свойства которого сходны со свойствами углеродных нанотрубок (УНТ). Углеродные субмикронные частицы наполнителя являются перспективным материалом для формирова-

ния композиционных полимеров с повышенными прочностными характеристиками. Применение УСЧ и УНТ в композитных системах может решить множество проблем в электронике, энергетике, медицине, инженерии и т.д. Но сейчас их производство достаточно сложно и невыгодно, поэтому учёные ищут способ упрощения процесса синтеза УСЧ.

Свойства и области применения УСЧ и УНТ

Результаты исследований углеродных субмикронных частиц показывают их необычные свойства, сходные со

свойствами углеродных нанотрубок. Некоторые свойства однослойных УНТ приведены в табл. 1.

Табл. 1. Свойства однослойных УНТ

	УНТ	Сравнение со свойствами других материалов
Размер	Диаметр 0,6–1,8 нм	7 нм – предел электронной литографии ¹

¹ Имеется в виду метод нанолитографии с использованием электронного пучка, таким методом можно формировать рисунок наименьшего возможного размера.

Плотность	1,33–1,4 г/см ³	Плотность алюминия ² 2,7 г/см ³
Прочность на разрыв	45 ГПа	При 2 ГПа разламывается самая прочная сталь
Упругость	Под любым углом упруго изгибается	Металлы и волокна из углерода ломаются по границам зерен
Плотность тока	Оценочно до 1 ГА/см ²	Медные провода выгорают при 1 МА/см ²
Теплопроводность	До 6000 Вт/мК	Чистый алмаз 3320 Вт/мК
Стабильность при нагревании	До 2800 °С в вакууме, 750 °С на воздухе	Металлические соединения в микросхемах (дорожки) плавятся при 600–1000 °С

Углеродные нанотрубки находят применение в разных областях из-за своих механических, электрических и магнитных свойств.

Эмиссионные свойства³ нанотрубок проявляются при низких значениях приложенного напряжения по сравнению с традиционными автоэмиссионными катодами на основе микроскопических металлических острий. Холодные эмиттеры на нанотрубках – основной элемент плоских телевизоров будущего, вероятно, они заменят горячие эмиттеры современных электронно-лучевых трубок, что позволит избавиться от небезопасных разгонных напряжений 20–30 кВ.

При тесном расположении большого числа одинаково ориентированных УНТ коэффициент усиления электрического поля⁴ значительно меньше, чем у индивидуальной УНТ, имеющей вид острой неровности над плоской поверхностью подложки, на которой располагаются УНТ) [2]. Максимальное значение плотности тока эмиссии достигается при

среднем расстоянии между УНТ около 2 мкм. Исследования электронной эмиссии индивидуальной УНТ показывают возможность создания электронных микроскопов нового поколения.

Поскольку нанотрубки обладают выдающимися характеристиками (например, модуль Юнга⁵ однослойных УНТ достигает значения порядка ТПа), то композитные материалы на основе полимеров с присадками УНТ позволяют получать системы, обладающие улучшенными механическими характеристиками. Путём введения парафина в скрученную нить из нанотрубок международной команде учёных из университета Техаса удалось создать искусственную мышцу, которая в 85 раз сильнее человеческой.

Также УНТ обладают хорошей электропроводностью, удельная электропроводность УНТ достигает 10⁶ Ом/м [3], что на 15–20 порядков превышает значения для полимеров. Поэтому достаточно небольшого добавления УНТ в полимерную матрицу, чтобы полимер стал проводящим.

Методы получения УСЧ и УНТ

УСЧ и УНТ получают одними и теми же способами, потому что в результате всех используемых сейчас способов образуется большое количество различных углеродных частиц. Итоговый результат зависит от метода

очистки. Для реализации многих из этих способов требуется высоко технологичное и дорогостоящее оборудование. Какие из них мы можем осуществить с привлечением меньшего количества дополнительных ресурсов?

² Прочный и наименее плотный материал, используемый в промышленности повсеместно.

³ Эмиссия – явление испускания электронов из твердых тел или жидкостей.

⁴ Коэффициент усиления электрического поля – число, показывающее, во сколько раз квадрат напряженности электрического поля, создаваемого в точке направленной антенной, превышает квадрат напряженности электрического поля, создаваемого изотропной антенной.

⁵ Модуль Юнга – физическая величина, характеризующая способность материала сопротивляться растяжению, сжатию при упругой деформации.

Большинство методов основано на возгонке-десублимации графита. **Электродуговой способ** – наиболее распространенный и простой лабораторный путь получения УНТ. При горении электрической дуги между графитовыми электродами (сила тока 60–100 А, плотность тока $1,5 \cdot 10^6$ А/м², напряжение 10–35 В) материал анода возгоняется и переходит на катод и стенки камеры. Процесс идёт в инертной среде при давлении 6–9 кПа, в среде гелия выход УНТ обычно выше, чем в аргоне. УНТ притягиваются и оседают на катоде, трубки ориентированы преимущественно перпендикулярно осям электродов. Скорость роста катодного осадка в установках обычных размеров с электродами диаметром 8–12 мм составляет около 1 мм/мин. Расстояние между электродами в ходе процесса регулируют, делая один из электродов подвижным [4]. Процесс в магнитном поле позволяет получать очень чистые (содержание основного вещества более 95%) многослойные УНТ с малой плотностью дефектов.

Недостатками этого метода являются трудность организации непрерывного процесса, образование большого количества примесей, низкий выход целевых УНТ (поэтому требуется многостадийная очистка), трудность моделирования и масштабирования дугового процесса. На данный момент нет адекватной математической модели процесса.

В **лазерно-термическом методе** графитовую мишень нагревают в печи до 1200 °С в токе инертного газа (He или Ar, давление до 66 кПа) и одновременно облучают импульсным лазером (мощность 1 кВт, длина волны 1560 нм). Образуется горячий светящийся факел, окруженный более холодным газовым потоком, что создает условия для быстрого охлаждения паров и образования УНТ.



приводящая к образованию атомарного углерода, необходимого для формирования однослойных УНТ. На выходе из ре-

актора поток равномерно разбавляется азотом через пористую трубку, чтобы предотвратить осаждение продуктов на

Легирование мишени металлами (кобальт и никель в отношении 1 : 1) позволяет с высоким выходом получать сростки однородных однослойных УНТ хорошего качества. Позже было установлено, что увеличение мощности импульса даёт возможность изменять распределение однослойных УНТ по диаметрам в пользу более тонких [4]. В состав сажи, получаемой лазерно-термическим методом, входит 30–35 % УНТ, около 20 % аморфного углерода, 12–15 % фуллеренов, 12–15 % углеводородов, 5–10 % графитизированных наночастиц, до 10 % металлов (Co и Ni) и 1–2 % кремния [5].

Резистивное нагревание (при выделении тепла за счёт сопротивления материала электрическому току) применительно к возгонке графита не получило распространения, хотя и было испытано. В экспериментах обычно нагревали графитовую фольгу, УНТ собирали на поверхности, охлаждаемой до –30 °С.

В 2005 г. был предложен метод получения однослойных УНТ с использованием раскалённой нити [6]. Этот метод основан на генерации частиц катализатора путём испарения металла (железа или никеля) с раскалённой нити и последующего охлаждения паров, что приводит к нуклеации металла с образованием каталитических частиц. Далее они вводятся в реактор и смешиваются с источником углерода при атмосферном давлении. Для резистивного нагревания используется тонкая железная проволока (0,25 мм в диаметре), помещённая в керамическую трубу, находящуюся внутри реактора в области стенки, нагретой извне до ~400 °С.

Железные частицы поступают в реактор с газовой смесью (N₂/H₂ или Ar/H₂) с молярным соотношением компонентов 93/7 и смешиваются с внешним потоком СО. Внутри реактора происходит реакция между СО и H₂:

актора поток равномерно разбавляется азотом через пористую трубку, чтобы предотвратить осаждение продуктов на

стенках. Среднее время пребывания продуктов синтеза внутри реактора составляет 2–3 с. Важной особенностью этого процесса является эффективность использования катализатора: практически все частицы являются инициаторами роста однослойных УНТ. Чтобы этого достичь, обычно вводятся небольшие добавки агентов травления подложки, таких как водяной пар или углекислый газ [7, с. 27–28]. Диаметр однослойных УНТ определяется размером частиц катализатора и варьируется от 1,1 до 2,0 нм [8]. При этом была найдена прямая корреляция: отношение диаметров частицы катализатора и однослойных УНТ составляет около 1,6 и не зависит от условий эксперимента, т. е. от температуры и времени пребывания в реакторе.

Графит может быть превращен в УНТ интенсивным **шаровым помолом с последующим высокотемпературным отжигом**. Из-за механического воздей-

ствия образуются зародыши, представляющие собой наночастицы металлов и деформированные графеновые слои, содержащие пятиугольные циклы и разупорядоченный углерод. Отжиг способствует формированию многослойных УНТ разными путями. УНТ с диаметром менее 20 нм получаются из разупорядоченного углерода, из которого образуются базальные плоскости (002) графита, а с диаметром более 20 нм – с помощью частиц катализатора [4].

Простой способ синтеза УНТ из графита описан китайскими учеными из университета г. Чанчуня. Стержень чистого графита **подвергают нагреванию до температуры красного каления на воздухе и затем погружают в холодную воду**. После небольшого хлопка вода становится мутной за счёт появления нанотрубок. Выход трубок можно довести до 40 % повторением циклов [4].

Как мы получали УСЧ и УНТ

Мы выбрали самый простой способ: подвергли графит «термическому шоку». Нагревание проводили двумя способами: в обычной печи и резистивным нагревом за счёт выделения тепла по закону Джоуля – Ленца ($Q = I^2Rt$) с последующим охлаждением образца в разных жидкостях.

Нагревание в печи проводили до температуры красного каления в течение 0,5 часа, затем погружали графитовый стержень в дистиллированную воду при 0 °С. Вода потемнела, на поверхности образовалась плёнка. Но хотя в школе и есть печь, такой способ получения УСЧ не соответствует технике пожарной безопасности.

Поэтому в остальных экспериментах использовался резистивный нагрев. На один цикл резистивного нагревания и охлаждения в дистиллированной воде требовалось не более 30 секунд (время зависит от диаметра графитового стержня), и можно было менять большое количество параметров. Установка, на которой проводились эксперименты, приведена на рис. 1.

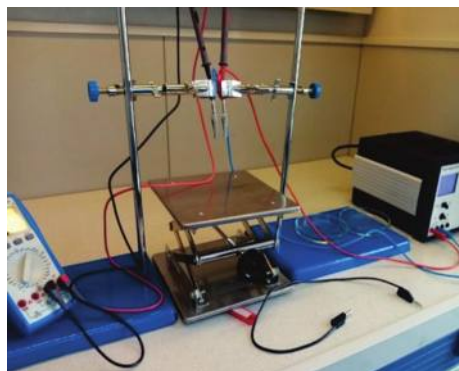


Рис. 1. Установка для резистивного нагревания графитового стержня

Рассчитаем температуру графита. По закону сохранения энергии теплота, переданная графиту (Q_1), равна теплоте, выделяемой проводником (Q_2):

$$Q_1 = cmT, m = \rho V = \frac{\rho \pi d^2}{4};$$

$$Q_2 = I^2Rt, R = \frac{4\rho l}{\pi d^2};$$

$$Q_1 = Q_2;$$

$$T = \frac{16I^2 \rho t}{\pi^2 d^4} = \frac{8,5 \cdot 10^{-12} I^2 t}{d^4}.$$

Эксперимент 1: нагревание графитового стержня на воздухе. К источнику питания проводами подключили графитовый стержень, начали резистивное нагревание. Часть вещества уносилась с нагреваемой поверхности стержня и, охлаждаясь в воздухе, оседала на более холодной поверхности сферическими образованиями (рис. 2). В середине же стержень истончился, образовав

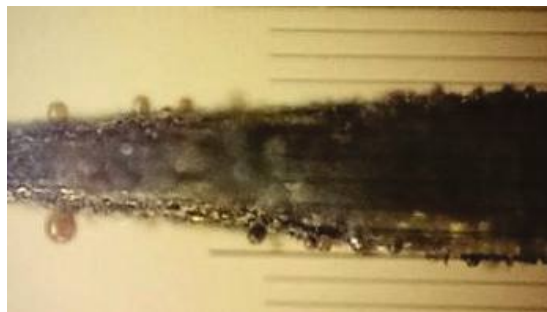


Рис. 2. Игла графитового стержня со сферическими образованиями после резистивного нагревания на воздухе, вид в оптический микроскоп

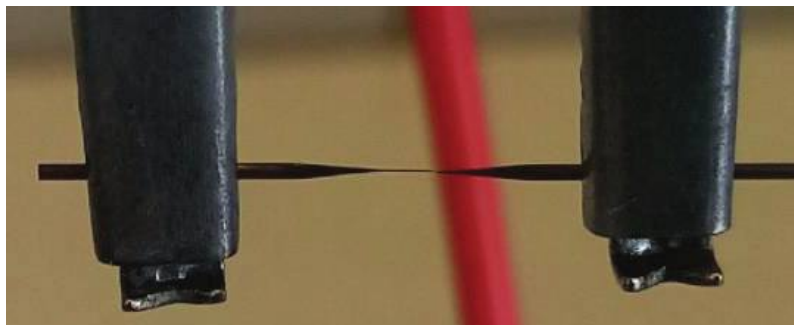


Рис. 3. Иглы, образовавшиеся в результате резистивного нагревания графитового стержня на воздухе

Эксперимент 2: нагревание графитового стержня на поверхности этилового спирта. К источнику питания проводами подключали графитовый стержень над чашкой Петри. Происходило резистивное нагревание графита на поверхности этилового спирта (рис. 4). Из-за более низкой температуры кипения спирта вокруг стержня образовывалось газовое облако: вещество облака нагревалось и расширялось, охлаждалось и уменьшалось; происходило многократ-

две иглы (рис. 3). Так как стержень был взят из механического карандаша, можно сделать вывод, что сферы образованы связывающими веществами, используемыми при производстве карандашных грифелей. Состав грифеля: белая глина (каолин), графит, связывающее вещество (из варёного крахмала), масло (кокосовое, подсолнечное), расплавленный воск, парафин, стеарин, жир (пищевые, кондитерские), клеи для скрепления (ПВА, синтетические).

ное повторение этого цикла, в ходе которого часть вещества графита уходила с поверхности стержня. Стержень истончился посередине, образовав две иглы, но сферические образования меньше, чем при резистивном нагревании на воздухе (рис. 5). На поверхности этилового спирта образовалась плёнка.

К сожалению, спирт относится к легко воспламеняющимся жидкостям и, несмотря на некоторое технологическое превосходство (удобство работы со

спиртом), работа в этом направлении больше не велась, чтобы не нарушать требования пожарной безопасности.

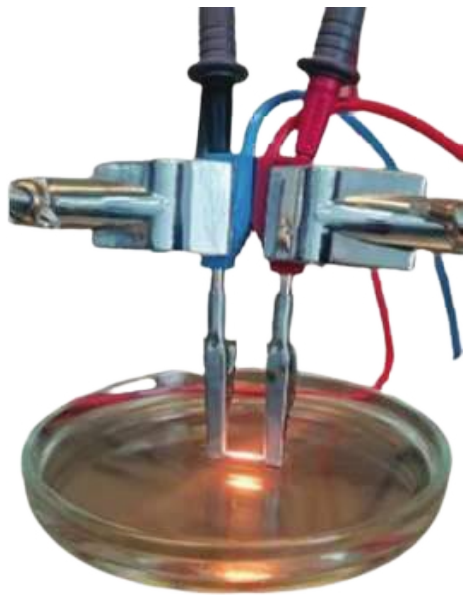


Рис. 4. Резистивное нагревание графитового стержня на поверхности этилового спирта

Эксперимент 3: нагревание графитового стержня на воздухе с последующим опусканием в дистиллированную воду для охлаждения. К источнику питания проводами подключали графитовый стержень над чашкой Петри. Происходило резистивное нагревание графита над дистиллированной водой; когда температура графита достигла температуры красного каления, стержень опустили в воду. На поверхности воды образовалась плёнка, которую впоследствии сняли с поверхности, чтобы изучить методом атомно-силовой микроскопии. Для снятия плёнки к поверхности жидкости подносили подложку (металлическую пластину) и прислоняли к поверхности, плёнка налипала на подложку (рис. 6).

В первом опыте нагреву подвергался стержень механического карандаша диаметром 0,5 мм. Сила тока составила 6,3 А, напряжение 3 В, расчётная температура 1050 °С. Цикл повторяли 5 раз. Коллоид 1, полученный в результате экс-

перимента, был исследован методом спектрофотометрии, построен спектр поглощения в диапазоне длин волн от 190 до 1000 нм (рис. 7).



Рис. 5. Игла со сферическими образованиями после резистивного нагревания на поверхности этилового спирта, вид в оптический микроскоп

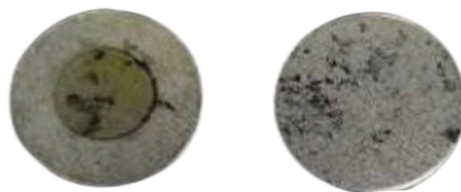


Рис. 6. Характерный вид подложек после нанесения плёнки: слева – плёнка, полученная при нагревании стержня механического карандаша, справа – при нагревании стержня чистого графита

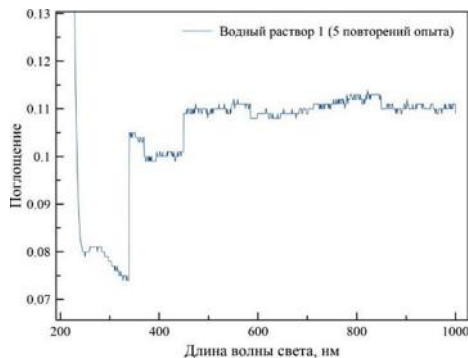


Рис. 7. Спектр поглощения коллоида 1

На спектре видна полоса поглощения в области 260–280 нм (область поглощения УНТ) [9, 10], эта полоса поглощения небольшая из-за низкой концентрации углерода в коллоиде. Поглощение углерода на данной длине волны связано с переходом $\pi-\pi^*$, обусловленным наличием связей $C=C$ углеродного ядра. Отсутствие полосы

поглощения на длинах волн 190–215 говорит об отсутствии связей С=С периферийных атомов углерода [11]. Резкий скачок поглощения на длине волны 350 нм связан с перестройкой датчиков спектрофотометра. С поверхности полученного коллоида были собраны и высушены (в течение 1 месяца) плёнки, которые затем были проанализированы на атомно-силовом микро-

скопе. На полученных изображениях видны углеродные субмикронные частицы: столбики – это модели углеродных частиц, построенные с помощью математического моделирования в программе атомно-силового микроскопа (рис. 8). Размер частиц на сканируемой области меняется в пределах от 1,562 до 3,516 мкм, погрешность $\pm 0,5$ нм (рис. 9).

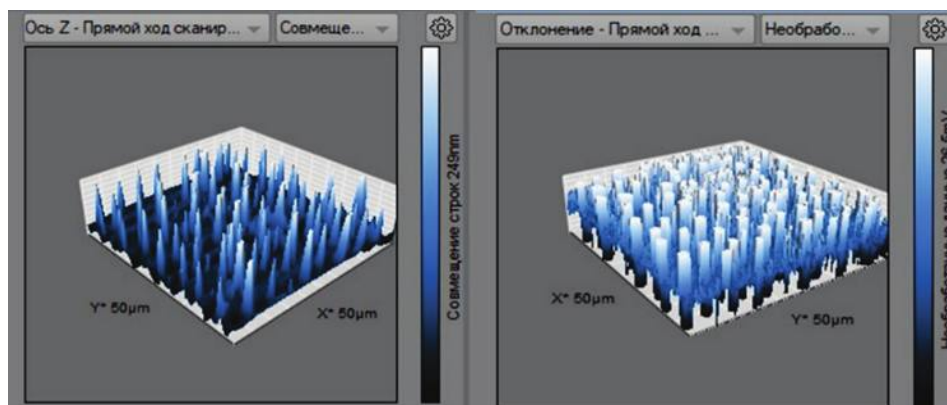


Рис. 8. Поверхность плёнки, полученной на поверхности воды в первом опыте (изображение в атомно-силовом микроскопе)

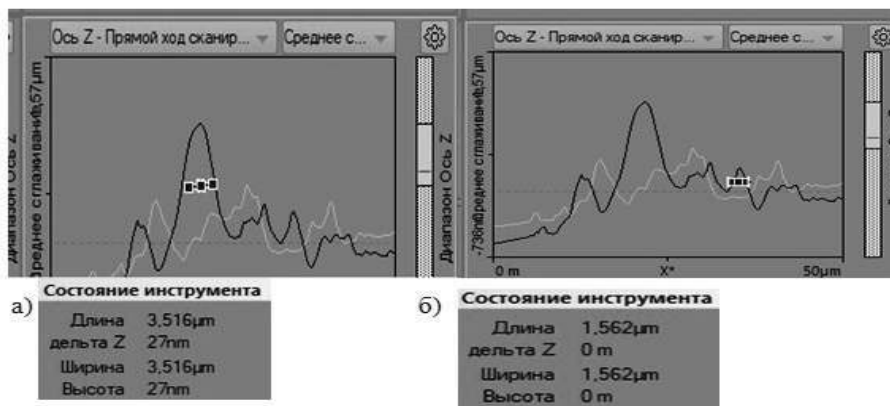


Рис. 9. Характерные размеры сканируемой области поверхности подложки 1 эксперимента: а) максимальная ширина углеродных частиц; б) минимальная ширина углеродных частиц. Пики на графике соответствуют частицам на подложке, ширина пиков соответствует диаметру частиц

Во втором опыте нагревался стержень чистого графита диаметром 1 мм. Сила тока была 19,8 А, напряжение 2,7 В, расчётная температура 1130 °С. Цикл повторяли 10 раз. Коллоид 2, полученный в результате эксперимента, также был исследован методом спектро-

фотометрии (рис. 10). На этом и предыдущем спектрах отличается поглощение коллоидов, также данный спектр более гладкий, так как концентрация углерода выше). Но поглощение происходит на одних и тех же длинах волн, следовательно, получены идентичные частицы.

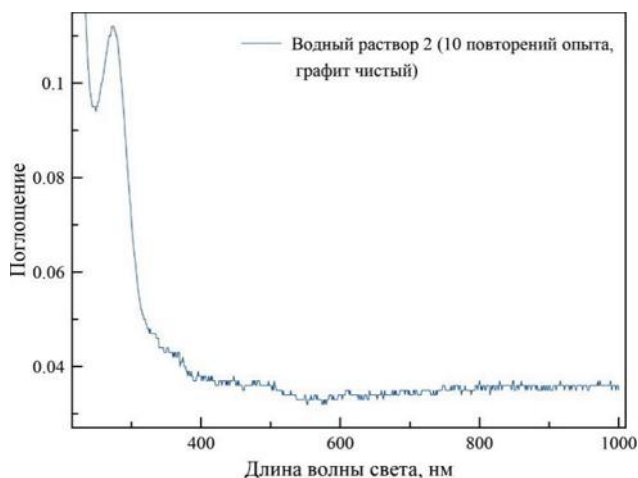


Рис. 10. Спектр поглощения коллоида 1

С поверхности полученного коллоида были собраны и высушены (в течение 2 недель) пленки, затем они были проанализированы методом атомно-силовой микро-

скопии. На изображениях видны углеродные наночастицы (рис. 11). Размер частиц на сканируемой области меняется в пределах от 146,5 до 708 нм (рис. 12).

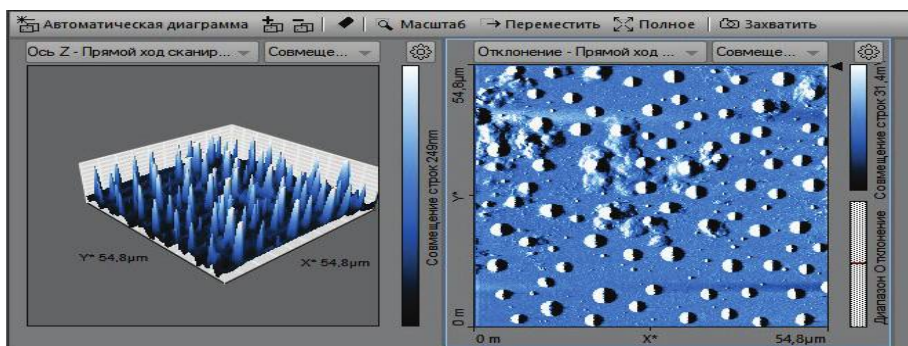


Рис. 11. Поверхность плёнки, полученной на поверхности воды во втором опыте (изображение в атомно-силовом микроскопе)

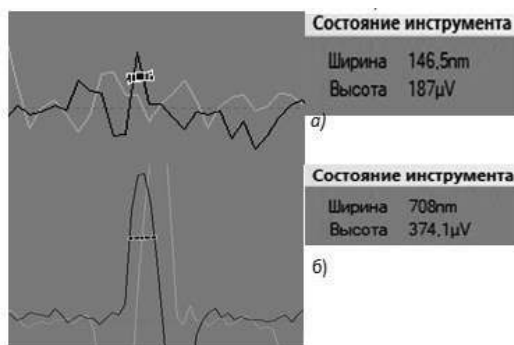


Рис. 12. Характерные размеры сканируемой области поверхности подложки эксперимента: а) максимальная ширина углеродных частиц; б) минимальная ширина углеродных частиц

Сравнение результатов спектрофотометрии коллоидов 1 и 2

Спектры имеют разное поглощение, но подъемы и спады поглощения происходят на одних и тех же длинах волн, значит, частицы в коллоидах идентичны. На рис. 13 видно, что по-

лосы поглощения коллоидов находятся на одной длине волны; поглощение коллоида 2 меньше на более низких частотах, что свидетельствует о меньшем количестве примесей.

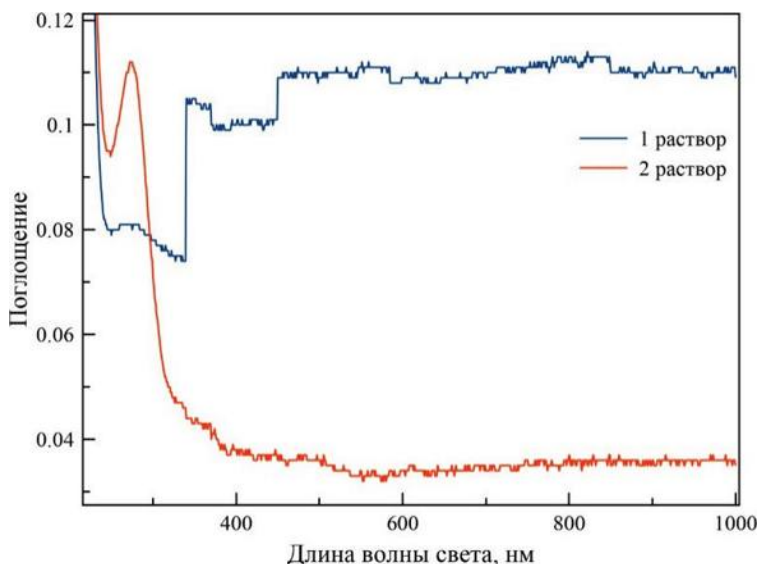


Рис. 13. Сравнение результатов спектрофотометрии коллоидов 1 и 2

Экспертиза материала

При получении углеродных субмикронных частиц и наночастиц использовались вторичные продукты, карандашные грифели и графитовые

щётки⁶. Проведём экономическую оценку. Расчёт производства 10 г частиц из 15 г сырья представлен в табл. 2 и 3.

Табл. 2. Расчёт производства частиц из графита стержней механического карандаша

Наименование	Количество	Цена, руб
Графитовые стержни механического карандаша	600 шт., 30 упаковок	3000
Электроэнергия	$0,38 \text{ кВт} \cdot 5 \text{ ч} = 1,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	$1,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 4,5 \text{ руб.} = 8,55$
Итого:		3008,55 руб

Табл. 3. Расчёт производства 10 г частиц из 15 г чистого графита (графитовых щёток)

Наименование	Количество	Цена, руб
Чистый графит (графитовые щётки)	14 шт.	420
Электроэнергия	$0,38 \text{ кВт} \cdot 3,5 \text{ ч} = 1,33 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	$1,33 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 4,5 \text{ руб.} = 5,99$
Итого:		425,99 руб

⁶ Скользящий электрический контакт, проводящий электрический ток между неподвижными и движущимися частями различных электрических устройств.

Можно использовать старые графитовые щётки, которые применялись на троллейбусах, они фактически бесплатны. Поэтому стоимость частиц будет определяться только стоимостью электроэнергии (если, как и в предыдущих случаях, не учитывать расходы на сбор сырья и конструирование установки). Чтобы получить 1 кг частиц из 1,5 кг графитовых щёток, потребуется $0,38 \text{ кВт} \cdot 35 \text{ ч} = 13,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. Таким образом, цена 1 кг частиц составит $13,3 \cdot 4,5 = 60 \text{ руб.}$

Итак, мы разработали метод получения углеродных субмикронных частиц на школьном оборудовании путём нагревания углерода до температуры каления и быстрого охлаждения в жидкости. Были получены субмикронные (1,562–3,516 мкм) и нано (146,5–708 нм) ча-

стицы углерода. Данный метод получения частиц может применяться для других работ школьников.

Школы России оборудованы 3D-принтерами, но при использовании обычных пластиков итоговые изделия довольно хрупки, и области их применения ограничены. При добавлении углеродных субмикронных и наночастиц пластик становится более прочным и электропроводным, что расширяет область его применения. Следовательно, технология 3D-печати сможет применяться в большем количестве проектов школьников. Сейчас ведётся работа по разработке композитного материала с добавлением полученных частиц углерода, исследование его свойств и возможности применения в других проектах.

Литература

1. Елецкий А.В. Сорбционные свойства углеродных наноструктур. // Успехи физических наук, 2004, т. 174, № 11, с. 1191–1231.
2. Nilson L. Carbon nanotubes and their emission properties. // Appl. Phys. Lett., 2000, v. 76, p. 2071.
3. Елецкий А.В. Транспортные свойства углеродных нанотрубок. // Успехи физических наук, 2009, т. 179, с. 225–242.
4. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2006. – 258 с.
5. Arepalli S. Laser ablation process for single-walled carbon nanotube production. // J. Nanosci. Nanotech., 2004, v. 4, № 4, p. 317–325.
6. Nasibulin A.G., Moisala A., Brown D.P., Jiang H., Kauppinen E.I. A novel aerosol method for single walled carbon nanotube synthesis. // Chem. Phys. Lett., 2005, v. 402, № 1–3, p. 227–232.
7. Шандаков С.Д. Получение однослойных углеродных нанотрубок аэрозольным методом химического осаждения из газовой фазы и исследование их физико-химических свойств. – Дисс., Кемерово, 2015. – 282 с.
8. Nasibulin A.G., Pikhitsa P.V., Jiang H., Kauppinen E.I. Correlation between catalyst particle and single-walled carbon nanotube diameters. // Carbon, 2005, v. 43, № 11, p. 2251–2257.
9. Нечипоренко А.П., Орехова С.М., Плотникова Л.В., Глазачева Е.Н., Волкова К.В., Успенская М.В. Специализированный практикум по физико-химическим методам анализа: Учебное пособие. – С.-П.: Университет ИТМО, 2016. – 182 с.
10. Дьячкова Т.П., Ткачев А.Г. Методы функционализации и модифицирования углеродных нанотрубок. – М.: Издательский дом «Спектр», 2013. – 152 с.
11. Казарян С.А., Неволин В.Н., Стародубцев Н.Ф. Синтез и исследование новых люминесцирующих углеродных частиц с высоким квантовым выходом эмиссии. // Перспективные материалы, 2018, № 9, с. 5–23.

Хочу быть



Анисимов Артемий Андреевич

Выпускник 11 химического класса СУНЦ МГУ, студент 1 курса МФТИ

Вычислительная химия

С появлением достаточно мощных компьютеров стало возможно проводить разнообразные расчёты быстро и эффективно. Благодаря этому было сформировано новое направление изучения химии – вычислительная. В этой статье мы расскажем о том, чем занимаются учёные, выбравшие эту область науки для своих исследований.

С 1980-ых годов, с развитием технологий машинного обучения, дискретной математики и топологии, выделился новый раздел химии: математическая химия. Её не стоит путать с вычислительной химией, поскольку они используют разные методы для решения задач (основные методы математической химии основаны на теории графов (молекулярный граф) и топологическом индексе). Также существует ещё немало подразделов компьютерной химии, например, молекулярное моделирование и молекулярная механика, но их от вычислительной химии отличает необязательность обращения к квантовой механике при решении задач.

Первые теоретико-химические расчёты были произведены Уолтером Хайтлером и Фрицем Лондоном в 1927 году с использованием теории валентных связей. Далее, с развитием и распространением вычислительной техники в 1940-х годах, стало возможным решать волновые уравнения для сложных атомных си-

стем. В 1951 году вышла статья Клеменса С. Дж. Рутана, которая надолго стала одной из самых цитируемых статей журнала «Обзор современной физики» – в ней излагался метод линейной комбинации атомных и молекулярных орбиталей. Термин «вычислительная химия» впервые упоминается в книге Сиднея Фернбаха и Абрахама Хаскелла Тауба «Компьютеры и их роль в физических науках». В 1980-х начал выходить журнал вычислительной химии «Journal of Computational Chemistry», а в 1998 и 2013 годах достижения в области вычислительной химии были отмечены Нобелевской премией (Уолтер Кон за развитие теории функционала плотности и Джон Попл за разработку вычислительных методов в квантовой химии; Мартин Карплус, Майкл Левитт и Арие Варшел за разработку многомасштабных моделей сложных химических систем).

За прошедшие годы было придумано немало методов компьютерного моделирования химических процессов.



Методы компьютерного моделирования

Вычислительную химию можно рассматривать в качестве подраздела квантовой химии, поэтому для погружения в вычислительную химию стоит иметь какое-то представление о квантовой. Главная задача этой науки состоит в решении уравнения Шрёдингера или уравнения Дирака для атомов и молекул. Эти уравнения описывают состояния какой-либо квантовомеханической системы (атома, молекулы, электрона и т.п.) и их эволюцию во времени с помощью волновой функции, которая и является их решением. Их отличие состоит в том, что первое не учитывает собственный момент импульса частиц, в отличие от второго.

Волновая функция представляет из себя вектор состояния и физического смысла не несёт. Физический смысл имеет квадрат модуля волновой функции: он определяет вероятность нахождения частицы в данной точке в данный момент времени. Проблема волновой функции в том, что её невозможно аналитически вычислить для системы, состоящей из более чем одной частицы. Поэтому для практических расчетов используют приближённые методы.

Можно выделить три приближения, которые используются в квантовой химии: Борна – Оппенгеймера, Хартри и МО ЛКАО. Приближение Борна – Оппенгеймера основано на том, что массы электрона и ядра атома отличаются как минимум в 1800 раз, поэтому движение электронов и ядер можно разделить. Также обычно опускают влияние релятивистских эффектов (явления, наблюдаемые при скоростях частиц, сравнимых со скоростью света). Это позволяет представить волновую функцию всей системы как произведение волновой функции электронов и ядер и работать с ними по отдельности. Приближение Хартри постулирует, что движение одного электрона не зависит от других. Это даёт возможность рассматривать не волновую функцию, описывающую все электроны сразу, а отдельную волновую функцию

каждого электрона, внося небольшие поправки на взаимодействие с другими электронами. И последнее приближение МО ЛКАО, применяющееся для расчётов молекул, состоит в следующем: молекулярная орбиталь может быть представлена в виде линейной комбинации атомных орбиталей.

Исходя из этих приближений, было разработано множество методов вычислительной химии, которые можно разделить на полуэмпирические методы и методы *ab initio* (переводится «с начала»). Полуэмпирические методы используют приближения, чтобы упростить вычисления, а в методах *ab initio* всё рассчитывается «с нуля».

Рассмотрим **метод Хартри – Фока**. В 1927 году Дуглас Хартри предложил метод решения уравнения Шрёдингера для многоэлектронных систем. Идея уравнений Хартри была следующая: решения зависят от себя же. Это происходит потому, что мы рассматриваем не взаимодействия электронов друг с другом, а их взаимодействие с усреднённым электрическим полем, которое зависит от координат электронов. Поэтому, если найти волновые функции электронов в первом усреднённом поле, а затем с их помощью найти выражение для нового усреднённого поля, то эти поля будут отличаться. Для устранения этого противоречия уравнения Хартри надо решать методом итераций. То есть сначала выберем какую-то базисную волновую функцию, решим систему с её использованием и получим уже другую функцию. Затем подставляем полученную функцию в эту же систему и решаем ещё раз. Повторяем, пока решение s_{n-1} не перестанет отличаться от решения s_n .

Но в классических уравнениях Хартри не учитывалась одна вещь: вид волновой функции большого количества электронов. Дело в том, что такая волновая функция должна менять знак при перестановке двух электронов, а функция всей системы, получаемая как произведе-

ние одноэлектронных функций по методу Хартри, не удовлетворяла этому условию. Тогда Владимир Александрович Фок предложил использовать вместо произведения одноэлектронных функций определитель матрицы (по сути, просто определитель матрицы из одноэлектронных волновых функций). После этого вид многоэлектронной волновой функции стал удовлетворять всем требованиям.

У метода Хартри – Фока есть множество вариаций. Например, его релятивистское расширение: метод Хартри – Фока – Дирака. Или обобщение, позволяющее использовать не только одноэлектронные базисные функции, но и двухэлектронные, тем самым делая базис точнее.

Но у этого метода есть существенная проблема: очень большое время вычисления. Поэтому для систем, содержащих более 20 атомов, посчитать что-либо крайне сложно. К тому же ещё не до конца решена проблема корреляционной энергии (в методе Хартри – Фока не учитывается то, что электроны пытаются расположиться на наибольшем расстоянии друг от друга, из-за чего возникает погрешность).

Классический метод Хартри – Фока сложен для расчетов, поэтому для теоретического описания больших квантовомеханических систем используются его **упрощения**. Исторически первый из таких методов – CNDO (Complete Neglect of Differential Overlap – «полное пренебрежение дифференциальным перекрытием»). В этом методе полностью отказываются от учёта перекрытия атомных орбиталей (приближение нулевого дифференциального перекрытия). Это приближение крайне нефизично, поскольку химическая связь образуется в результате перекрытия орбиталей, поэтому в настоящее время этот метод практически не используется.

Его расширенным аналогом является метод INDO (Intermediate Neglect of Differential Overlap – «частичное пренебрежение дифференциальным перекрытием»). По сути он не отличается от CNDO, но пренебрегает не всеми пере-

крываниями атомных орбиталей, отчего расчёт становится точнее.

Первым же достаточно точным методом можно считать разработанный командой Майкла Дьюра MINDO (Modified INDO – «модифицированное частичное пренебрежение дифференциальным перекрытием»). Данные, полученные этим методом, зачастую очень близки к экспериментальным, несмотря на то, что MINDO по своей сути всего лишь модификация INDO. В MINDO кулоновские интегралы (то есть взаимодействия между электронами на разных орбиталях, выраженные численно) оцениваются по формуле Оно – Клопмана, энергию отталкивания атомных ядер и одноэлектронные интегралы (интегралы, выражающие энергию взаимодействия между электроном и ядром и кинетическую энергию ядра) также оценивают по формулам. Несмотря на то, что для применения этого метода нужно использовать параметры, которых для элементов 1-го и 2-го периодов насчитывается 102, вариация данного метода используется до сих пор.

Следующий метод – MNDO (Modified Neglect of Diatomic Overlap – «модифицированное пренебрежение двухатомным перекрытием»). Методы, о которых сказано выше, неадекватно описывали молекулы, содержащие неподелённые электронные пары. MNDO учитывает перекрытие атомных орбиталей одного атома. Также из-за изменений в способе расчёта одной величины количество используемых параметров сокращается от 102 в MINDO до 42.

Последние упрощения метода Хартри – Фока: AMI (Austin model I, назван в честь города Остин, где расположен университет, в котором работает группа Дьюара) и PM3 (Parameter model 3). AMI является самым популярным методом на данный момент. В нём, по сравнению с MNDO, устранена переоценка дальнего межатомного взаимодействия. PM3 же – лишь небольшая модификация AMI, которая затрагивает только параметры.



Есть и другие методы. Учет корреляционной энергии в методах, основанных на уравнениях Хартри – Фока, очень сложен. Относительно простой подход к оценке этой энергии даёт **метод, основанный на теории функционала плотности**. Основное его отличие состоит в том, что рассматривается не волновая функция системы, а её электронная плотность. Она задается функцией, которая описывает вероятность обнаружения какого-либо электрона системы в данной точке. Такой подход позволяет улучшить точность расчётов для объёмных систем, требуя при этом намного меньше времени и ресурсов, чем другие методы.

Ещё один метод – **конфигурационное взаимодействие**. Если в методе Хартри-Фока мы получали функцию в виде одной матрицы, то волновая функция конфигурационного взаимодействия представляет из себя комбинацию из нескольких таких функций, получаемых, например, при переносе одного электрона на более высокую по энергии орбиталь. Эта комбинация уменьшает теоретически рассчитываемую энергию системы, поскольку уменьшается межэлектронное отталкивание вследствие расселения электронов по большему числу орбиталей. Этот метод лучше учитывает энергию корреляции электронов в сравнении с методом Хартри – Фока.

Ещё одну группу составляют **методы, основанные на теории возмущений**. Этот метод используется для учёта электронной корреляции волновых функций, найденных с помощью какого-либо приближённого метода. Гамильтониан системы (оператор Гамильтона, описывающий полную энергию квантовомеханической системы) представляется в виде изначального оператора Гамильтона (в котором не учтены поправки на корреляционное взаимодействие), для которого уже известна волновая функция, с небольшой поправкой. Эту поправку вычисляют и находят искомым Гамильтониан.

Последний метод – метод связанных кластеров. В этом методе используется приближение о независимости электронных пар для лучшего учёта корреляционной энергии. Оно подразумевает, что можно рассмотреть только попарное взаимодействие электронов. Такой подход позволяет очень точно оценивать энергию корреляционного взаимодействия, а комбинация этого метода CCSD (Coupled Cluster method with Single and Double excitations – «метод связанных кластеров с одиночным и двойным возбуждением») и метода, основанного на теории возмущений MP4 (Møller–Plesset perturbation theory – «теория возмущений Мølлера-Плессета») – CCSD(T) – является одним из самых применяемых на практике.

Интервью

Мы взяли интервью у Максима Игоревича Козлова – одного из преподавателей сборной Москвы, который занимается вычислительной химией, чтобы понять, насколько актуально и сложно заниматься этим в настоящее время.

– Какие знания нужны для того, чтобы начать изучать методы вычислительной химии?

– *Нужно, само собой, знать квантовую химию, квантовую механику, физическую химию. В свою очередь, чтобы*

освоить эти дисциплины, нужны математический анализ и линейная алгебра. Кроме того, зачастую приходится программировать. И общее пожелание для всех тех, кто хочет заниматься наукой – нужно знать английский язык, чтобы читать статьи и выступать на конференциях.

– Над чем работаете сейчас?

– *Моя диссертация была про нефотохимическое тушение флуоресценции. В светопоглощающих комплексах LHCl¹*

¹ Light-harvesting complex II – светособирающий комплекс 2-го типа, комплексы пигмента и белка в фотосинтезирующих организмах, выполняющие функцию первичного поглощения света для запуска фотосинтеза.

есть каротиноиды и хлорофиллы. Особенность каротиноидов состоит в том, что они хорошо поглощают энергию с переходом во второе возбуждённое состояние, а первое возбуждённое состояние «тёмное» – в него нельзя перейти при поглощении энергии, и оно, наоборот, поглощённую энергию легко рассеивает. Этим «тёмным» состоянием растения пользуются, когда имеется избыток света – растения таким образом избавляются от лишней энергии, защищая себя от фотоповреждений. Однако было непонятно, как каротиноиды попадают в это состояние, что провоцирует рассеивание энергии (считается обычно, что какие-то колебания, но какие – неясно) и какие конкретно каротиноиды в этом участвуют.

Сейчас я работаю вместе с коллегами над другой темой. Обычно все фотосистемы содержат хлорофиллы *a* и *b*, но сравнительно недавно обнаружили организмы, содержащие хлорофиллы *d* и *f*, которые способны поглощать более длинноволновый свет. Соответственно, нужно понять, во-первых, где в реакционных центрах конкретно находятся эти новые хлорофиллы, во-вторых, понять, что меняется при добавлении этих хлорофиллов, кроме поглощаемой длины волны.

– Что Вы можете сказать про актуальность вычислительной химии?

– Вычислительная химия будет всё более актуальна. Это сравнительно молодая наука, которая активно развивается – появляются новые методы, кото-

рые позволяют описывать молекулы более точно. Кроме того, развивается техника: появляются новые процессоры, новые видеокарты, собирают суперкомпьютеры – что расширяет возможности. Если раньше молекула водорода – это был предел возможностей, то сейчас можно проводить расчёты для больших молекул – хлорофиллов или даже целых фотосистем.

Расчёты позволяют сделать то, что невозможно осуществить экспериментально. Невозможно посмотреть внутрь фотосистемы, как там переносится энергия, какие конкретно колебания при этом задействуются – это можно описать только с помощью теории. С помощью расчётов можно моделировать, как молекулы цепляются к мембранам клеток, и таким образом разрабатывать лекарства. Можно рассчитать энергии Гиббса, энтальпии, энтропии и предсказывать возможность протекания реакций, можно описывать механизмы реакций.

– Каково значение вычислительной химии?

– Специалисты в области вычислительной химии нужны прежде всего в научных группах, занимающихся фундаментальными исследованиями, или в научных группах, которые разрабатывают новые лекарства, новые материалы, новые подходы к синтезам. Моделирование – обычно начало длинного пути, которое позволяет понять, какие молекулы и материалы предпочтительнее дальше развивать или синтезировать.

Литература

1. Аникеев О.А. Еремин М.В. Метод самосогласованного поля в приближении Хартри – Фока: учеб.-метод. пособие. – Казань: Казан. ун-т, 2019. – 30 с.
2. C J. Cramer. Essentials of Computational Chemistry Theories and Models. 2nd Edition. – John Wiley & Sons Ltd, the Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2004. – 624 p.
3. Блатов В.А., Шевченко А.П., Пересыпкина Е.В. Полуэмпирические расчётные методы квантовой химии. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2002. – 30 с.
4. Ширяев А.К. Квантовая химия. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2020. – 134 с.
5. Вычислительная химия. – https://hmong.ru/wiki/Computational_Chemistry.
6. Young D. Introduction to Computational Chemistry. – <http://www.ccl.net/cca/documents/dyoung/topics-orig/compchem.html>.



7. Игнатов С.К. Квантово-химическое моделирование молекулярной структуры, физико-химических свойств и реакционной способности. (Часть 1. Обзор современных методов электронной структуры и теории функционала плотности). Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Новые материалы электроники и оптоэлектроники для информационно-телекоммуникационных систем». – Нижний Новгород, 2006. – 82 с.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Фреоны: вред и польза

Фреоны – это название группы насыщенных фторсодержащих углеводородов, которые могут также содержать атомы хлора и/или брома. Известно более 40 различных фреонов.

Фреоны могут находиться в газообразном или жидком состоянии и не имеют запаха и цвета. Они плохо растворимы в воде и полярных растворителях, но хорошо растворимы в неполярных органических растворителях. Фреоны химически достаточно инертны. Данные соединения максимально стойки к воздействию кислот и щелочей, не окисляются на воздухе, при контакте с пламенем не взрываются. Однако, если нагреть фреон выше 250 °С, образуются очень ядовитые продукты.

Наиболее известны следующие фреоны:

- трихлорфторметан ($t_{\text{кип}} -23,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) – фреон R-11;
- дифтордихлорметан ($t_{\text{кип}} -29,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) – фреон R-12;
- трифторхлорметан ($t_{\text{кип}} -81,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) – фреон R-13;
- тетрафторметан ($t_{\text{кип}} -128\text{ }^{\circ}\text{C}$) – фреон R-14;
- тетрафторэтан ($t_{\text{кип}} -26,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) – фреон R-134А;
- хлордифторметан ($t_{\text{кип}} -40,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) – фреон R-22.

Фреоны имеют множество полезных свойств, благодаря чему используются сразу в нескольких сферах промышленности. Например, они применяются в сельском хозяйстве – для изготовления ядохимикатов против вредителей; в химической промышленности – как вспенивающий химреагент для синтеза полиуретанов, а также как основной сырьевой компонент для производства фторопластов и фторкаучуков. За счёт своего свойства забирать тепло при испарении и отдавать при конденсации фреоны обрели широкое применение в холодильниках, кондиционерах и другом подобном оборудовании как хладагент. Взрыво- и огнеопасность фреонов равны нулю, они закрывают доступ кислорода к огню, поэтому это вещества используются при тушении пожаров. Фреоны применяются в медицинской и парфюмерной промышленности для производства газовых и аэрозольных баллончиков, как выталкивающая основа их содержимого.

Современные исследования доказали, что используемые сейчас виды фреонов не содействуют уменьшению озонового слоя Земли, а их высокая парниковая активность, которая, кстати, выше, чем у CO_2 , в тысячи раз, полностью нивелируется тем, что утечка хладагентов из холодильных установок и фреонов из аэрозольных баллонов ничтожно мала и на фоне выбросов углекислого газа в атмосферу планеты из Мирового океана не представляет сколько-нибудь значимых величин.

Негативное влияние фреона на человека в бытовых условиях – редкость. Однако фреоны требуют соблюдения правил использования. Крупная утечка фреонов, например, на производстве, может привести к отравлению людей (чтобы появились явные симптомы отравления, концентрация вещества в воздухе должна быть довольно высокой – более 300 г/м³). По причине отравления фреоном могут развиваться тяжелые заболевания, среди них нарушение работы миокарда и поджелудочной железы, жировая инфильтрация печени и проблемы с психикой. Фреоны R-12 и R-22 при нагревании выше 250–300 °С образуют фосген, приводящий к отеку легких и летальному исходу.

В целом использование фреонов безопасно. Но только если соблюдать необходимые меры предосторожности. Берегите себя и своих близких!

Александра М., Юлия П.

Калейдоскоп



Табачных Анастасия Васильевна

Окончила Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова по специальности «Химия с дополнительной специальностью Биология». В настоящее время обучается по специальности «Фармация» в фармацевтическом колледже Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России.

Журавлева Галина Николаевна

Преподаватель в фармацевтическом колледже КрасГМУ.
Окончила КрасГМУ по специальности «Лечебное дело».



Кроссворд «Болезни печени»

Кроссворд «Болезни печени» позволяет обобщить, систематизировать, углубить сведения о многообразии заболеваний печени, их симптоматике и механизме возникновения. Может использоваться как на уроках биологии, так и при проведении тематических мероприятий – предметных недель, викторин, творческих вечеров и т. д.

По горизонтали:

1. Наличие камней в общем желчном протоке.
2. Разрыв желчного пузыря.
3. Заболевание, вызываемое простейшими, являющееся одной из причин развития холецистита.
4. Ферментно-желчегонное средство, применяемое при лечении холецистита.
5. Хроническое заболевание печени, сопровождающееся необратимым заме-

щением паренхиматозной ткани печени фиброзной соединительной тканью.

6. Осложнение острого холецистита – воспаление брюшины.
7. Воспаление серозной оболочки желчного пузыря.
8. Фамилия врача-терапевта, впервые описавшего вирусный гепатит А.
9. Воспаление желчных протоков.
10. Застой желчи.
11. Воспаление желчного пузыря.

12. Симптом окрашивания кожи и слизистых в желтый цвет вследствие избыточного содержания билирубина.

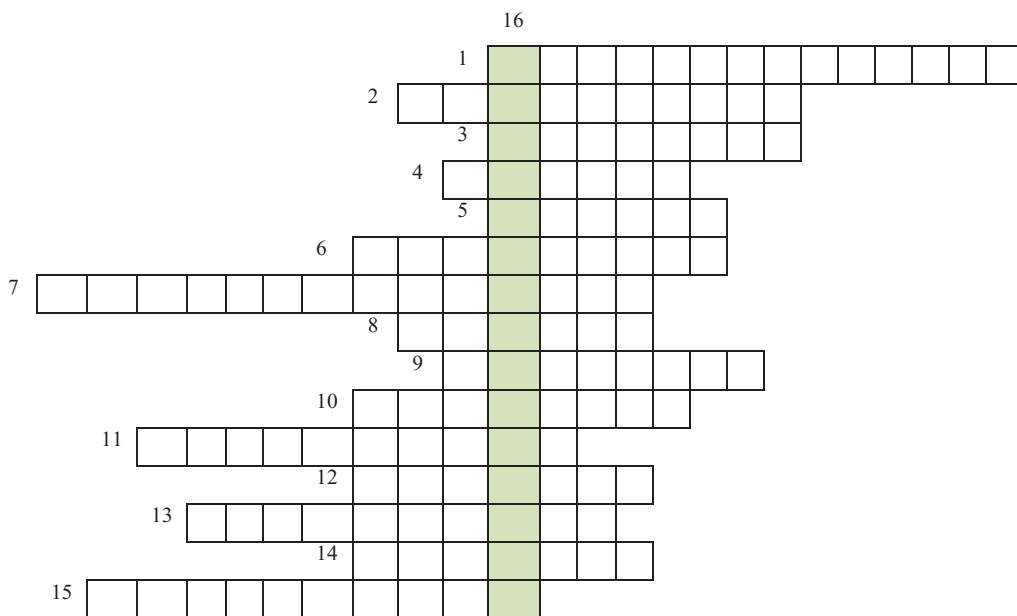
13. Хроническое заболевание, вызванное систематическим употреблением спиртных напитков, одна из причин хронического гепатита.

14. Воспаление печени.

15. Заболевание, вызываемое плоскими червями класса сосальщиков, являющееся одной из причин развития холецистита.

По вертикали (ключевое слово):

16. Наличие камней в желчном пузыре.



По горизонтали: 1. Холедохолитиаз. 2. Прободение. 3. Лямблиоз. 4. Фестал. 5. Цирроз. 6. Перитонит. 7. Перихолецистит. 8. Воткин. 9. Холагит. 10. Ожкпозия. 11. Холецистит. 12. Желтуха. 13. Алкоголизм. 14. Гепатит. 15. Описторхоз. По вертикали (ключевое слово): 16. Холецистолитиаз.

Ответы:

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Как-то раз один сумасшедший психолог заманил к себе физика, химика и математика: хотел провести какой-то эксперимент; но запер их в разные камеры и забыл про них. Сам уехал куда-то, а еды им не оставил. Но вдруг вспомнил про них и вернулся. Подошел к камере химика и видит: вся дверь разворочена взрывом, химика нет. Оказалось, тот сделал взрывчатку из фекалий, подорвал дверь и убежал. Подошел к камере физика: заперто. Открыл – а там пусто. Оказывается, физик придумал, как через закрытую дверь туннелировать. Открыл он камеру с математиком. Видит – на полу лежит мёртвый математик, а на стене кровью написано:

ТЕОРЕМА: Если я отсюда не выберусь, то умру.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО: Предположим противное...

1. По квитанции через Сбербанк

Электронная подписка

Стоимость любого номера в pdf-формате составляет 50 рублей

Вся информация на сайтах

edu-potential.ru

www.karand.ru

2. В редакции журнала

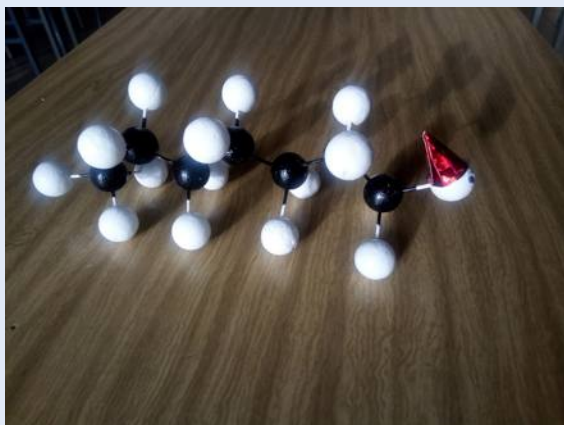
115184, г. Москва, Климентовский пер., д. 1/1,

(м. «Третьяковская», «Новокузнецкая»), тел. (495) 787-24-95.

Где можно приобрести журнал?

1. В интернет-магазине Карандаш (www.karand.ru);

2. На сайте журнала (edu-potential.ru)



ВНИМАНИЕ, ОПЕЧАТКА!

В № 2 нашего журнала за текущий год на странице 21 допущена опечатка. На рис. 9 изображен самец, а на рис. 10 – самка паука *Micrommata virescens*. Примите наши извинения!



Рис. 9. *Micrommata virescens* – самец
(фото В.М. Карцева)



Рис. 10. *Micrommata virescens* – самка
(фото В.М. Карцева)

Реквизиты

000 «Азбука – 2000»

ИНН 7726276058/КПП 772601001

БИК 044525225

Расч. счёт – 40702810338330102512

Корр. счёт – 30101810400000000225

Московский банк ПАО «Сбербанк России»

Теперь вы можете читать журнал
со своего планшета!



В следующем номере:

- ✦ Медные сплавы. *Щукин Е.Д.*
- ✦ Задания Проектной химической олимпиады 2021-22 для 11 класса (1 тур).
Красильников М.С.
- ✦ Как НЕ получить Нобелевскую премию. *Загорский В.В.*
- ✦ Антибиотики в нашей жизни: азитромицин. *Назаргалин Р.М.*

ПРОГРАММА СПОНСОРСКОЙ ПОМОЩИ ЖУРНАЛУ «ПОТЕНЦИАЛ. ХИМИЯ. БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА»

Журнал для старшеклассников и учителей «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» выпускается на средства выпускников МГУ им. М.В. Ломоносова. В журнале действует Программа спонсорской помощи. Программа допускает поступление финансовой, материальной, информационной и иной помощи журналу. Координирует работу Программы Спонсорский совет, являющийся структурным подразделением журнала. Спонсорами могут быть физические или юридические лица. Спонсорская помощь осуществляется одноразово или на постоянной основе. В последнем случае спонсор входит в Спонсорский совет журнала. Имена спонсоров текущего номера журнала печатаются (при согласии спонсора) в этом же номере. По вопросам оказания спонсорской помощи обращаться в редакцию.

Тел. (495) 787-24-94, (495) 787-24-95

E-mail: potential@potential.org.ru

Наши спонсоры



АЗБУКА

Полиграфическая компания

Тел: (985) 768-25-48,

(495) 787-24-95

www.azbukaprint.ru



www.internat.msu.ru