

12+

ISSN 2221-2353

Химия Биология Медицина

ПОТЕНЦИАЛ

Журнал для старшеклассников и учителей

Sapere Aude — Дерзай знать!

Июль — Сентябрь 2023 №3



Химия

Биология

Медицина

Олимпиады

Исследовательская деятельность

Профильное образование

Эксперимент

Хочу быть

ДИСТАНЦИОННЫЕ КУРСЫ СУНЦ МГУ

объявляют набор учащихся 2–11 классов на 2023–24 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/porvadok-oplaty-obucheniva-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 (89) 2023

Колонка редактора

- 2** Самые обидные ошибки. *Н.И. Морозова*

Химия

- 3** Границы периодической системы. Часть 1. Элементы, открытые химиками. *Л.А. Ваймугин*

- 9** Вещества рядом с нами. Просто соль.
Н.И. Морозова

Биология

- 13** Атлас пауков загробного мира. *Э.Р. Иمامеев*

- 21** Специи в жизни человека. *Л.А. Румянцева*

Медицина

- 24** Пленки с наночастицами серебра – будущее антисептических средств. *Е.М. Лепилкина, С.Ю. Макарова, М.А. Наход*

Олимпиады

- 30** Задания LXXIX Московской городской олимпиады школьников по химии 2023 г. (11 класс). *Л.В. Ромашов*
- 40** Задания Проектной химической олимпиады 2022-23 для 8 класса (заочный тур). *С.А. Старых*

Исследовательская деятельность

- 52** Про морковь на постном масле. *Д.Р. Ларюшкина, С.В. Дорохин*
- 56** Оценка качества воды реки Уязытамак. *А.А. Гайсина, И.А. Каргапольцева, Н.Л. Пономарёва*

Профильное образование

- 66** Коварные “проценты”. *С.В. Дворянинов*
- 69** Некорректные тесты. *В.В. Загорский, Н.И. Морозова*

Эксперимент

- 74** Исследование скорости ферментативного расщепления жиров. *Н.С. Бурундуков*

Хочу быть

- 78** ПАО «Метафракс» и отец ряда спиртов.
А.А. Близнин

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 Д.П. Василькова

Вёрстка Д.П. Василькова

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 27.09.2023

Усл. печ. л. 5

Формат 70х100 1/16

Заказ № 372

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

Самые обидные ошибки

Никто не застрахован от ошибок. Их совершают даже известные учёные. Например, Д.И. Менделеев не верил в электролитическую диссоциацию. А сколько элементов было открыто ошибочно и потом закрыто? А сколько живых организмов ошибочно отнесено к определённым классам и семействам? Это нормальный путь развития науки: ошибки впоследствии исправляются, сомнительные моменты уточняются.

Но, конечно, если вы совершили ошибку, то это очень обидно. В особенности если она не позволила вам набрать желанное число баллов на контрольной работе, экзамене или олимпиаде. Остаётся только извлечь из этого урок на будущее и утешаться тем, что не ошибается только тот, кто ничего не делает.

Однако самые обидные ошибки на проверочных и конкурсных работах любого уровня – те, что сделаны не вами, а их авторами. Задачи составляются живыми людьми, и они тоже порой ошибаются. Виною тому и простая невнимательность, приводящая к опечаткам, и небрежное отношение к терми-

нологии, и – что ужаснее всего – искренние заблуждения. Конечно, когда издаётся задачник или учебник, его перед публикацией читает множество людей: рецензент, редактор, корректор... Одна из их целей – как раз не допустить «ляпов». То же самое, но в меньшем масштабе происходит, когда в редакцию нашего журнала присылают статьи. Но если задание предназначено для экзамена или олимпиады, его держат в секрете – круг лиц, допущенных к рецензированию, жёстко ограничен и узок. И для школьника или абитуриента возникает ненулевая вероятность встретиться с неправильно сформулированным заданием. Это могут быть задачи с нелепым ответом (полтора землекопа), задачи с неоднозначным ответом, задачи, не имеющие правильного ответа, и даже задачи, в которых вообще непонятно, что имел в виду автор.

В разделе «Профильное образование» этого номера журнала вы найдёте статьи, посвящённые некорректным задачам. Надеемся, они помогут вам справиться с «культурным шоком» при встрече с подобной задачей.



Химия



Ваймугин Леонид Александрович

*Аспирант института общей и неорганической химии РАН
имени Н.С. Курнакова, педагог дополнительного образования
МБОУ Лицей «ФТШ», стажер НИИ НПО «Луч»*

Границы периодической системы. Часть I. Элементы, открытые химиками

Периодическая таблица, которая знакома каждому, приобрела такой свой вид далеко не сразу. Открывая новые элементы, химики раздвигали ее границы и заполняли «белые пятна». Проследим, как это происходило – с открытия Д.И. Менделеева и до наших дней.

Где начало и конец у периодической системы?

Каждый из нас видел таблицу Менделеева в учебниках химии за 8, 9 и 11 классы, будь то учебники старые или же новые. На первый взгляд может показаться, что эта таблица явно ограничена и практически не меняется. Однако это далеко не так. То, что водород находится в начале первого периода, который представляет собой начало периодической системы, и оганесон располагается в конце седьмого периода, который выглядит как её конец – заключения, сами собой напрашивающиеся при виде форзаца среднестатистического учебника по химии (рис. 1). Но стоит обратить внимание на то, что раньше эта таблица была менее заполненной. Например, ещё двадцать лет назад в ней точно не было таких элементов, как nihonium, moscovium, livermorium, tennessine и oganesson. Этот факт свидетельствует о том, что как минимум нижняя граница периодической

системы относительно подвижна. Получается, что периодическая система со временем расширяется. Давайте рассмотрим эту «подвижность» поподробнее.

Если обратить внимание на то, что периодическая система – это инфографика, представляющая собой визуальный образ периодического закона, то можно заметить, что она в разных формах заполняется одними и теми же элементами. Сейчас известно большое количество вариаций периодической системы, среди которых наиболее распространены короткопериодная таблица, главенствующая в школьных учебниках, и длиннопериодная таблица, распространенная в профессиональной учебной литературе по химии элементов. Также существуют системы, по форме далекие от таблицы в привычном для нас понимании, например, спиральная, пирамидальная, круговая, лестничная и многие другие (рис. 2). Примечательно то, что



число вариаций системы элементов по порядку не уступает количеству самих элементов. Каждая из них по-своему, хотя и не полностью, отражает нюансы периодического закона и поэтому запол-

няется индивидуальным образом. Получается, что каждая система элементов в разных вариациях в разные периоды времени по-разному расширяла свои границы.

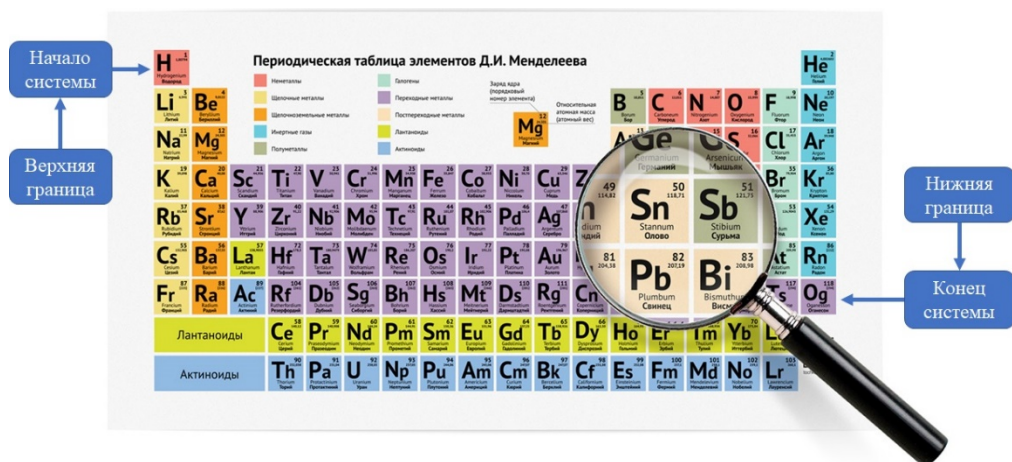


Рис. 1. Границы периодической таблицы

Короткопериодная табличная версия

Длиннопериодная табличная версия

Спиральная версия

Пирамидальная версия

Круговая версия

Лестничная версия

Рис. 2. Различные версии периодической системы элементов

Рассмотрим «Менделеевскую» версию системы элементов. Перед вами фотография рукописной периодической системы элементов, составленной Дмитрием Ивановичем 1 марта 1869 года (рис. 3). Он назвал этот документ «Опы-

том системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом родстве». Видно, что эта версия значительно отличается от привычной для нас короткопериодной таблицы. Отметим лишь то, что явно бросается в глаза:

~~Примерная таблица элементов~~
по отн. атом. массам
 Менделеев Д. И.

~~по отн. атом. массам~~
 Менделеев Д. И.

Менделеев
 1869 г.

$H=1$	$?=8$	$?=32$	$Cu=63.5$	$Ag=108$	$g=100$
Li=7	$Be=9$	$Mg=24$	$Zn=65.2$	$Ni=58.7$	$Co=58.9$
$B=10.8$	$C=12$	$Al=27$	$?=68$	$As=75$	$Se=78.96$
$N=14$	$O=16$	$S=32$	$Fe=55.85$	$Br=79.9$	$Kr=83.8$
$F=19$	$Ne=20.18$	$Ar=39.9$	$K=39.1$	$Ca=40.08$	$Sc=44.96$
$Na=23$	$Mg=24.3$	$Si=28.09$	$Co=58.9$	$Ni=58.7$	$Cu=63.5$
$Al=27$	$Si=28.09$	$P=30.97$	$Fe=55.85$	$Co=58.9$	$Ni=58.7$
$S=32$	$Cl=35.5$	$K=39.1$	$Ca=40.08$	$Sc=44.96$	$Ti=47.88$
$Ar=39.9$	$K=39.1$	$Ca=40.08$	$Sc=44.96$	$Ti=47.88$	$V=50.94$
$Li=7$	$Be=9$	$B=10.8$	$C=12$	$N=14$	$O=16$
$Na=23$	$Mg=24.3$	$Al=27$	$Si=28.09$	$P=30.97$	$S=32$
$K=39.1$	$Ca=40.08$	$Sc=44.96$	$Ti=47.88$	$V=50.94$	$Cr=52.00$
$Rb=85.47$	$Sr=87.62$	$Y=88.91$	$Zr=91.22$	$Nb=92.91$	$Mo=95.94$
$Cs=132.91$	$Ba=137.33$	$La=138.91$	$Hf=178.49$	$Ta=180.95$	$W=183.85$
$Fr=223$	$Ra=226$	$Ac=227$	$Rf=261$	$Db=262$	$Sg=266$

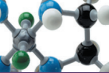
Рис. 3. Из рукописи Д.И. Менделеева

1. Эта система не устроена как таблица, однако в ней есть часть её черт, закладывающих мысли о периодичности. Шесть вертикальных столбцов выстроены как периоды, а между ними по горизонтали просматриваются аналогии с подгруппами элементов. Получается, что за прошедшее время система как минимум перевернулась «на бок» и стала ограждённой ячейками. Видно, что уже в то время периодичность как атомная аналогия включала в себя не только атомную массу элементов, но и аналогичность их химических свойств, о чём свидетельствует само название документа.

2. Эта система хоть и имеет границы, однако внутри неё есть пустоты, которые отмечены знаками вопроса. Например, в третьем столбце с массой 45, в четвёртом столбце с массами 68 и 70 и в шестом столбце с массой 180 располагались предсказанные Менделеевым скандий (названный экабором), галлий (названный экаалюминием), германий (названный экасилицием) и гафний.

3. Эта система ограничена висмутом, как самым тяжёлым элементом в последнем периоде. Следовательно, на то время периодическая система не занимала шести полных периодов.

Получается, что Менделеевской версии системы ещё предстояло значительно расширяться, прежде чем стать чем-то подобным таблице из учебника по химии. На то время было возможно пополнение периодической системы путём нахождения неизвестных ранее элементов как среди тех, что легче висмута, так и среди тех, что тяжелее его. По первому пути периодическая система была дополнена ещё парой десятков элементов, что в сумме давало порядка 80 элементов. Но ведь сейчас известно чуть меньше 120 элементов. Откуда могли взяться ещё почти 40 элементов? За счёт поиска элементов, стоящих после висмута. Стоит отметить, что после него открывается целое множество элементов, завершающих 6-й период и полностью укомплектовывающих 7-й период. Все



его представители, начиная с полония и заканчивая оганесоном, радиоактивны. Таким образом, за висмутом можно провести черту, после которой заканчивается совокупность природных нерадиоактивных элементов и начинается множество природных и искусственных радиоактивных элементов в периодической системе.

Каким образом производилось открытие новых элементов для расширения Менделеевской версии системы?

С одной стороны, производился поиск нерадиоактивных элементов до висмута и природных радиоактивных элементов. Эти элементы открывались химиками посредством переработки природного или искусственного сырья в одну или несколько стадий до простого вещества и его идентификации.

С другой стороны, производился поиск искусственных радиоактивных элементов. Эти элементы открывались физиками посредством бомбардировки тяжёлых атомов мишени относительно лёгкими ядрами с последующей идентификацией конкретных изотопов.

При этом в пользу достоверности от-

крытия того или иного элемента говорит одно обстоятельство, а именно, воспроизводимость методик выполненных экспериментов. Невоспроизводимость же может свидетельствовать о фальсификации или недостоверности результатов исходного исследования. Примером тому может служить сообщение учёных национальной лаборатории имени Лоуренса в городе Беркли о синтезе элемента № 118 в виде изотопа с массой 293 посредством холодного слияния ядер свинца-208 с ядрами криптона-86 в 1999 году. Повторение синтеза по этой методике не дало заявленного результата в ядерных центрах России, Германии, Японии и США, что привело к продолжению поисков этого элемента при помощи других ядерных реакций в течение нескольких лет. Поиск завершился в 2006 году, когда появилось сообщение о синтезе 118-го элемента в виде изотопа с массой 294 при помощи бомбардировки мишени из атомов калифорния-249 ядрами кальция-48.

Продemonстрируем особенности открытия нерадиоактивных элементов на трёх примерах (рис. 4).

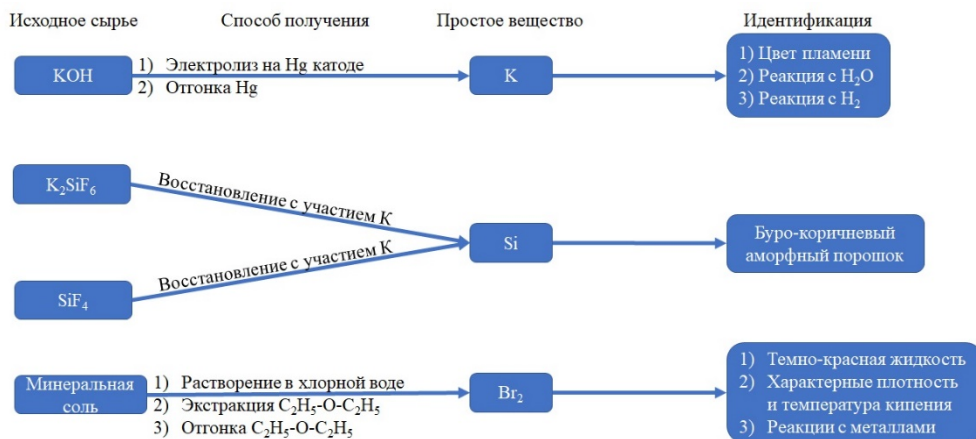


Рис. 4. Открытие нерадиоактивных элементов

Калий из семейства щелочных металлов был открыт Гэмфри Дэви в

1807 году. Для этого он подверг электролизу расплав едкого кали КОН. На ртут-



ном аноде в результате процесса образовалась амальгама калия, из которой после отгонки ртути выделился искомый металл. В качестве подтверждения открытия автор приводит цвет пламени калия, явно отличный от цвета пламени натрия, а также информацию о реакции взаимодействия с водой и поглощении водорода.

Кремний из подгруппы углерода был впервые получен двумя путями. С одной стороны, Жозеф Луи Гей-Люссак и Жак Луи Тенар в 1811 году при высокой температуре провели восстановление гексафторосиликата калия металлическим калием. С другой стороны, Йёнс Якоб Берцелиус в 1825 году достиг этого реакцией между фторидом кремния и калием. В первом и втором случае образовался кремний в виде буро-коричневого аморфного порошка.

Бром из семейства галогенов был впервые получен Карлом Лёвигом в 1825 году. Он действовал следующим образом. В результате кристаллизации воды из источника в Крейцнахе была получена минеральная соль. Последняя подвергалась растворению в хлорной воде, что привело к образованию тёмно-красной жидкости. Её извлечение производилось при помощи экстракции диэтиловым эфиром. Конечный продукт (экстракт) был получен отгонкой эфира. Впоследствии Лёвиг изучил плотность и температуру кипения этой жидкости, а также реакции с металлами.

Таким образом, достоверность открытия элемента закрепляется методикой синтеза простого вещества, при этом для идентификации было достаточно привести характерные для него уникальные физические или химические свойства.

Найти природные радиоактивные элементы химикам прошлого было значительно труднее, чем нерадиоактивные элементы. Во времена образования Вселенная состояла из нерадиоактивных,

природных радиоактивных и искусственных радиоактивных элементов. Со временем радиоактивные элементы начали распадаться и последовательно переходить друг в друга. Спустя 13,8 миллиардов лет из числа последних из-за малых периодов полураспада полностью исчезли все элементы, начиная с нептуния (поэтому он был открыт как первый искусственный радиоактивный элемент, о чем будет сказано немного позже), а между остальными изменилось количественное отношение. Об этом могут свидетельствовать радиоактивные ряды (рис. 5). Это группы нуклидов, между которыми отчетливо изображаются «маршруты» радиоактивного распада радиоактивных элементов. Таких «маршрутов» известно четыре – ряд тория, ряд нептуния, ряд радия и ряд актиния (начинаются, соответственно, с нуклидов ^{232}Th , ^{237}Np , ^{238}U и ^{235}U). Одни и те же звенья разных рядов отличаются суммарным количеством нейтронов и протонов (что отражается в виде разделения на ряды $4n$, $4n+1$, $4n+2$ и $4n+3$). Из четырёх рядов в природе не существует только ряд нептуния.

В связи с тем, что для радиоактивных элементов общее время существования ограничено 7–10 периодами полураспада, поиск природных радиоактивных элементов ограничивался обнаружением элементов с самыми высокими значениями периодов полураспада (это уран и торий, находящиеся в верхних частях каждого ряда, за исключением ряда нептуния), распространенность которых относительно мала, и элементов с низкими значениями периодов полураспада, присутствующих как короткоживущие примеси к первым. С одной стороны, уран и торий были обнаружены в результате углублённого анализа полиметаллических руд, проявлявших невидимое свечение, которое превращало прозрачную фотобумагу в тёмную. С другой стороны, франций был обнаружен как про-



межучотный продукт распада в ряду актиния, а полоний, который можно найти

почти в самом конце ряда тория, – в висмутовой фракции урановой смолки.

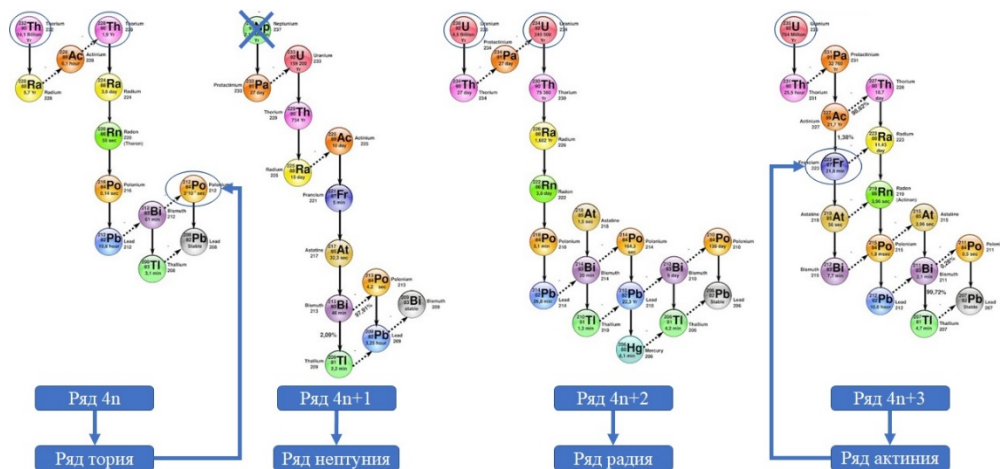


Рис. 5. Радиоактивные ряды

Итак, мы познакомились с тем, как расширялась периодическая система усилиями химиков, открывавших природные нерадиоактивные и радиоактивные элементы. В следующей части мы обсудим то, как она расширялась усилиями физиков, открывавших и открывающих новые искусственные радиоактивные элементы.

Литература

1. Фигуровский Н.А. Открытие элементов и происхождение их названий. – М.: Наука, 1970. – 207 с.
2. Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность. – СПб: Лань, 2022. – 304 с.
3. Лоуи Д.Б. Великая химия. От греческого огня до графена. – М.: Лаборатория знаний, 2018. – 540 с.
4. Кошель П.А. История открытия брома. // Химия, 2006, №8. – <https://him.1sept.ru/article.php?ID=200600802&ysclid=lanziuihu9761991834>.
5. «В природе мы больше не найдем новых химических элементов». Член-корреспондент РАН Андрей Шевельков. // Научная Россия. – <https://scientificrussia.ru/articles/v-prirode-my-bolse-ne-najdem-novyh-himicheskikh-elementov-clen-korrespondent-ran-andrej-sevelkov>.
6. Александров Б.Л. Гипотеза происхождения Вселенной, Солнечной системы и Земли. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2016, № 118, с. 223–244.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Постулат о пиродеструкции. Градиент температурных напряжений в приборе таков, что лопается наиболее дорогая часть последнего.

Принцип подобия. Горячая колба выглядит так же, как холодная.



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.

Вещества рядом с нами. Сода – это соль

Оглянемся вокруг себя. Что мы знаем об окружающих нас веществах? А чего не знаем? Новая серия статей предлагает посмотреть на знакомые с детства вещества повнимательнее и, возможно, сделать для себя неожиданные открытия.

Самая известная сода

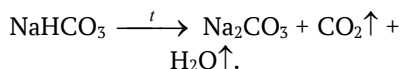
Сода – это соль. Парадоксально? Ничуть. **Сода пищевая**, она же сода питьевая, она же натрий двууглекислый NaHCO_3 – вещество, относящееся к классу солей. Все соли – твёрдые и построены из ионов, а не из молекул. Современное название пищевой соды (рис. 1) – **гидрокарбонат натрия**, оно указывает на то, из каких ионов состоит её кристаллическая решётка: это ион натрия и гидрокарбонат-ион.



Рис. 1. Пачка, которую, согласно фольклору, покупают раз в жизни

Кто сказал – на вкус? Увы: вкус у соды тоже солёный. Чтобы ощутить различие, надо быть опытным дегустатором. Поваренная соль – в кубических кристалликах? Если кристаллы мелкие, их форма незаметна.

А ответ прост: эти вещества по-разному ведут себя при нагревании. Поваренную соль можно долго греть без последствий (правда, при температуре примерно 800°C она расплавится), а сода при температуре выше 60°C начинает разлагаться на карбонат натрия, углекислый газ и воду:



Только как это увидеть? Ведь, когда мы греем, вода выделяется в виде пара, и её вместе с углекислым газом не видно, а карбонат натрия (рис. 3) – такое же белое твёрдое вещество, как и гидрокарбонат.

Но выделяющиеся пузырьки газа хорошо видны, если высыпать соду в горячую воду. И не только видны, но и слышны: газ сильно шипит. Это часто



Рис. 2. Поваренная соль и сода

происходит, когда мы готовим полоскание для горла.

Да, пищевая сода – простое и дешёвое средство, употребляемое при ангинах и прочих воспалениях горла, а также дёсен и зубного нерва. Раствор соды имеет слабощелочную среду (рис. 4) – как раз в достаточной степени, чтобы подавлять активность бактерий, но не настолько,

чтобы создавать дискомфорт для слизистой оболочки ротовой полости.

Где ещё применяется сода? Все видели и, вероятно, не раз проделывали настоящую химическую реакцию – гашение соды уксусом:

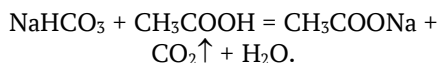


Рис. 3. Карбонат натрия – ещё один белый порошок



Рис. 4. Индикаторная бумажка, показывающая слабощелочную среду в растворе пищевой соды (pH 8)

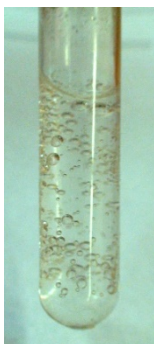


Рис. 5. Взаимодействие соды с кислотой в пробирке



Рис. 6. Пузырьки углекислого газа в жарящемся блине

Кислота, содержащаяся в уксусе, вытесняет из соды углекислый газ, который шипит и пузырится (рис. 5). Гашёную соду добавляют в тесто, чтобы пузырьки углекислого газа разрыхляли его и де-

лали пышным. А если тесто само по себе кислое (например, замешивается на кислом молоке), то уксус можно и не добавлять (рис. 6).

Другие виды соды

Почему мы уточняли, что говорим о пищевой или питьевой соде? Потому что содой называют очень разные вещества. Тот карбонат натрия Na_2CO_3 , который получается при нагревании пищевой соды – тоже сода, но другая, **кальцинированная**. Она называется так не потому, что в ней есть кальций (его как раз нет, в чём можно убедиться, посмотрев на формулу), а потому, что для её получения пищевую соду прокаливают (а латыни этот процесс – «calcinatio»). Кальцинированную соду используют в промышленности, например, в производстве стекла. А ещё её можно применять в качестве чистящего средства.

В природе Na_2CO_3 тоже встречается, этот минерал называется *натрит* (рис. 7). Но существует он только в недрах или в засушливых районах.

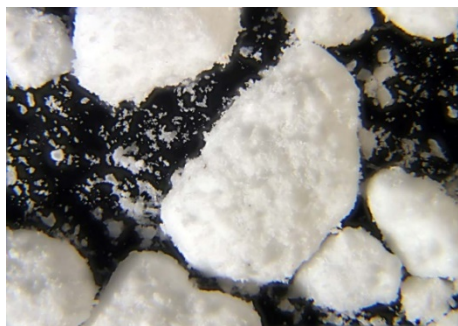


Рис. 7. Натрит

(<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Natrite.jpg>)

Чаще природный карбонат натрия имеет немного другой состав: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Это **кристаллическая**

сода, причем в её кристаллах связаны молекулы воды. Другое название этого минерала – *натрон* (рис. 8).



Рис. 8. Натрон

(<https://i.pinimg.com/originals/d9/27/7d/d9277df06b3f0b07bbb60cf8a6883cb9.jpg>)

Но не следует думать, будто природная кристаллическая сода с карбонат-анионами – единственная, которая образует кристаллы. Кристаллы пищевой соды (рис. 9) вполне возможно вырастить даже на кухне¹.



Рис. 9. Кристаллы NaHCO_3

(https://legkovmeste.ru/wp-content/uploads/2019/02/post_5656d9ebd7892.jpg)

¹ <https://legkovmeste.ru/poleznye-sovety/vyrashhivaem-kristall-iz-sody-svoimi-rukami.html>.



Рис. 10. Нахколит (<https://mineraly-kamni.ru/wp-content/uploads/nahkolit.jpg>)

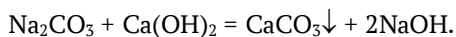
А в природе можно найти красивые кристаллы пищевой соды в виде минерала *нахколита* (рис. 10). Хотя сам гидрокарбонат натрия бесцветен, примеси могут окрашивать минерал

Есть и другие содовые минералы – *термонарит* $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, образующийся при дегидратации натрона; *трона* $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (она же «египетская соль», с помощью которой бальзамовали фараонов).

Каустическая сода – что с ней не так?

И напоследок – самая загадочная из сод, **каустическая**. Почему загадочная? Потому что она вообще не сода в полном смысле слова, то есть не карбонат. Каустическая сода или *каустик* – историческое название гидроксида натрия NaOH . Это едкое вещество – щёлочь, такой «содой» горло не прополоскать: заработаете химический ожог. Зачем же её так

назвали? Дело в том, что в производстве NaOH использовалась реакция кальцинированной соды с гашёной известью (гидроксидом кальция):



Такой процесс называли *каустификацией*. Ну, а где одна сода, там и другая...

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Ванадий

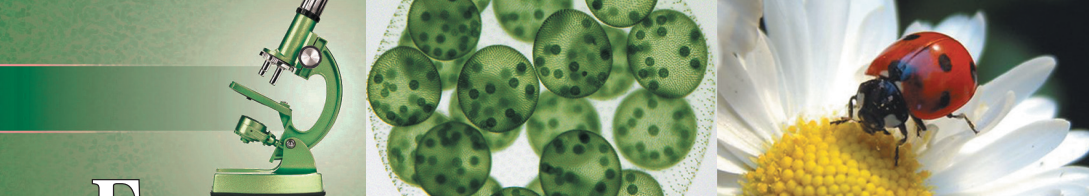
Мой любимый металл – 23-й элемент периодической системы. Простое вещество V – серебристо-белый металл, похожий на сталь. Ванадий образует большое количество соединений, в который проявляет разные степени окисления от +2 до +5.

Окраска соединений ванадия зависит не только от степени окисления, но и от среды раствора. Соединения ванадия (II) в растворе окрашены в фиолетовый цвет, ванадия (III) – в зелёный. Соединения ванадия (IV) в растворе имеют синюю окраску, напоминающие окраску медного купороса (в растворе присутствуют оксокатионы VO_2^+). Соединения ванадия (V) оранжевые, а растворы ванадатов бесцветные, но при подкислении ванадат-анионы димеризуются, затем тримеризуются и так далее; при увеличении степени олигомеризации появляется и усиливается коричневый цвет раствора.

Ванадий, как и бор, дважды пережил своё открытие. Фактически он был открыт еще в 1781 году в свинцовых рудах Андресом Мануэлем Дель Рио, который был профессором минералогии в Мехико. И лишь спустя двадцать девять лет, в 1830 году, ванадий был заново обнаружен в железной руде ученым-химиком Нильсом Сёфстремом из Швеции.

В организме здорового взрослого человека содержание ванадия составляет около 10–25 мг, большая доля элемента приходится на зубы, костную ткань, жировую ткань на плазму крови (до 10 мкг/л), легкие (около 0,6 мг/кг). Суточная потребность в этом химическом элементе для взрослых составляет 1,8 мг.

Елизавета Л.



Биология



Имамеев Эмиль Рустамович

*Магистрант кафедры высшей нервной деятельности
биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.*

Член русского энтомологического общества.

*Области интересов: экология антобионтов,
поведение пауков семейства Thomisidae, арахнофауна
южной полосы России*

Атлас пауков загробного мира

Владыка мёртвых из ацтекских мифов очень любил пауков. А вы их любите? Если нет, то прочитайте эту статью о мексиканских пауках, и вы непременно измените своё мнение. А если да, ещё раз убедитесь в их красоте.

Пусть ваше сердце расправится:
здесь никто не будет жить вечно.

Тлатоани Несауалькойотль

Дорогой читатель, полагаю, что ваш пылкий ум неоднократно приводил вас к страницам мировой истории. Осмелюсь считать, что вы уже слышаны о небывалой славе великой Ацтекской империи. Быть может, вы даже хорошо знакомы с этой таинственной цивилизацией. Она оставила после себя неоценимое культурное наследие: огромные ступенчатые пирамиды, изобразительное искусство, полезные сорта сельскохозяйственных растений и, конечно же, богатую сокровищницу загадочных текстов. И сейчас я приглашаю вас познакомиться с дошедшими до нас сюжетами священных индейских писаний. Давайте же мысленно переместимся в Теночтитлан, главную столицу непобедимых ацтеков.

В самом сердце города расположился грандиозный храм Темпло Майор, вершина которого устремлялась высоко к просторам голубых небес. Там, среди

густых облаков, летит пернатый змей Кетцалькоатль. Он устремил свой взор к каменному алтарю, где безжалостные жрецы приносят в жертву живых людей. Каждый день обсидиановым ножом проливалась невинная кровь, дабы насытить ей беспощадных голодных богов, которые вселяли леденящий страх всем смертным. Но особенно сильно люди боялись чудовищного пожирателя душ Миктлантекутли. Он был ужасающим повелителем загробного мира. Как гласят индейские предания, владыка мёртвых необычайно сильно любил пауков. Именно поэтому царство смерти стало обителью этих мистических существ!

Нетрудно догадаться, какие виды населяли мир мёртвых из ацтекских мифов. Племя ацтеков проживало на территории современной Мексики и расширяло свои границы, покоря другие государства. Следовательно, именно фауна этой местности поможет нам создать

первый и единственный в мире иллюстрированный атлас пауков загробного мира.

Пожалуй, самые знаменитые мексиканские пауки относятся к крупному семейству Theraphosidae, или в узком смысле слова – к птицеедам. Зачастую эти пауки миролюбивы, но ядовиты и в случае опасности всегда могут защититься. Они не только удивляют своими внушительными размерами (размах лап некоторых видов доходит до 28 см), но и завораживают чудесным окрасом. Например, от паука вида *Brachypelma boehmei* невозможно оторвать взгляд (рис. 1.). Любители экзотических домашних питомцев воодушевлённо называют его огненным птицеедом. Такой эпитет сполна отражает яркий окрас этого прекрасного создания. Кажется,

будто его тело покрывает мягкий пушистый мех, но всё гораздо интереснее, чем мы можем себе представить! Ведь хитиновый наружный скелет птицееда покрывает бесчисленное множество волосков разного предназначения. Первые из них называются трихоботриями. Они легко колеблются под действием внешних факторов и выполняют рецепторную функцию. Другой тип волосков – стрекательные. По названию легко догадаться, что они помогают защититься от непрошенных гостей. Так, едва симпатичная мордочка грызуна заглянет в норку паука, хозяин укрытия мгновенно счесет задними ногами стрекательные волоски. В ту же секунду любопытный зверёк покинет чужое жилище и убежит восвояси, ведь стрекательные волоски птицееда вызывают сильное раздражение.



Рис. 1. *Brachypelma boehmei* (рисунок Марии Михеевой)

Пауки нередко бывают интровертами. Если нарушить их покой, то они готовы яростно атаковать. Скажем, *Tlitolcatl vagans* – довольно агрессивный и нервный вид (рис. 2.). Помню, как жил у меня такой паук. А еще помню, как эпично он выскочил из моей сумки в маршрутке. К счастью, паук нашёлся, вот только теперь у бедных пассажиров боязнь арахнологов.

Мой дорогой питомец ранее принадлежал к большому роду *Brachypelma*.

Современные молекулярно-генетические методы и скрупулёзное изучение морфологии дали новые материалы, на основании которых паука выделили в новый род. И пусть некогда известный, как *Brachypelma vagans*, *Tlitolcatl vagans* агрессивен и раздражителен, его внешний вид великолепен. Ярко-красные волоски контрастно выделяются на фоне бархатного чёрного тела животного, придавая пауку оригинальную внешность.

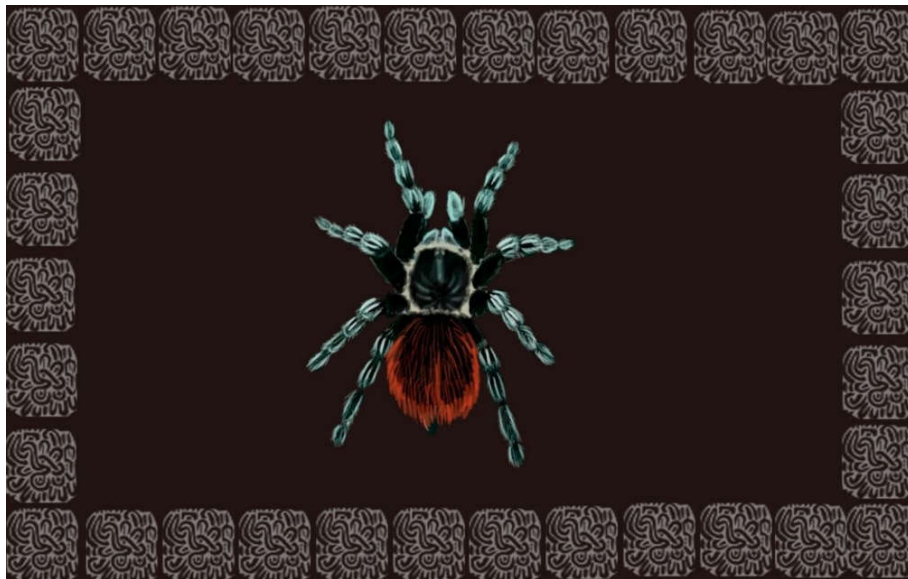


Рис. 2. *Tlitolcatl vagans* (рисунок Марии Михеевой)

В самом же роде *Brachypelma* и по сей день сохранился вид, резко отличающийся от своих сородичей агрессивным поведением. Это *Brachypelma auratum*

(рис. 3.). Я не удержался от знакомство с ауратумом, и теперь он в числе моих домашних любимцев.



Рис. 3. *Brachypelma auratum* (рисунок Марии Михеевой)

Далеко не первый раз я обзавожусь этим видом. И здесь мне бы хотелось поделиться фотографиями своих маленьких друзей. Давайте посмотрим и сравним между собой двух разновозрастных особей одного вида. Поглядим сначала на маленького паучонка. Относительно головогруды его брюшко весьма велико по размеру, оно имеет удлинённую овальную форму. По мере взросления этот карапузик будет становиться всё стройнее и ярче. У этого крохи впереди целая жизнь. И вот уже через три года он станет таким же эффектным, как и тот уже повзрослевший паук, который ежедневно радуется моему виду.



Рис. 4. Детеныш (ювенил) вида
Brachypelma auratum (♂).
Размах лап – 5 см

Теперь посмотрим, как выглядит взрослый, но ещё неполовозрелый самец ауратума (рис. 5.). Соотношение размеров брюшка и головогруды иное. Головогрудь с возрастом увеличивается, а брюшко становится мельче. А сам паук, как я и упоминал, становится ярче и красочнее. В процессе линьки он освобождается от старой шкурки. Новый наряд гораздо крупнее и красочнее предыду-

щего. Специально, чтобы наглядно показать это, я сделал фотографию паукообразного спустя несколько часов после линьки (рис. 6.).



Рис. 5. Взрослый (субадулт) вида
Brachypelma auratum (♂).
Размах лап – 14 см

Выше я говорил, что род *Brachypelma* включает достаточно покладистых и добрых существ. Главным тому доказательством станет *Brachypelma albiceps* (рис. 7.). Этот вид неконфликтен. *Brachypelma albiceps* – крупный (до 16 см) и пушистый паук, который ведет наземный образ жизни. Гуляющего по влажной почве паука очень легко узнать. Его головогрудь необычайно красива! Покрывающий её верхнюю часть щит (карапакс) привлекает внимание своим нежным бежевым цветом. Он заметно выделяется на фоне окружающих его тёмных ножек и красноватого брюшка. Любопытный увидит, как изящно тёмные лапки паука окружают головогрудь, окрашенную кремово-бежевыми пигментами.

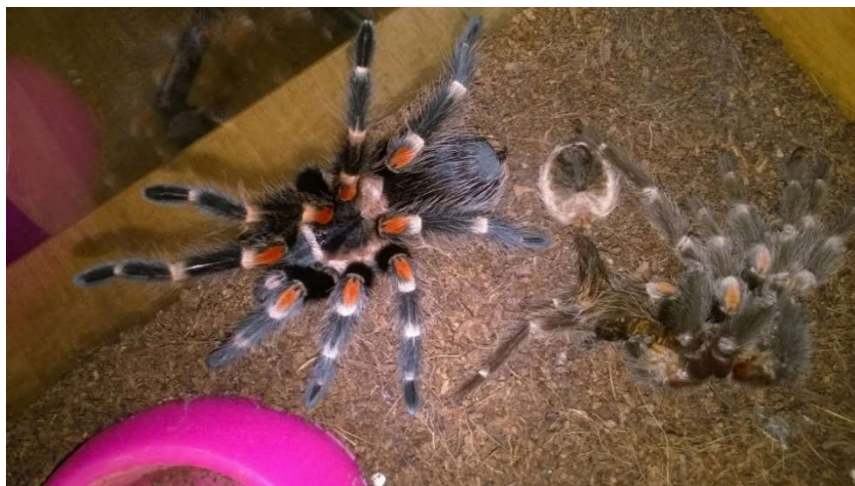


Рис. 6. Освободившийся от старой шкурки *Brachypelma auratum* (слева сидит паук, справа – его шкурка)



Рис. 7. *Brachypelma albiceps* (рисунок Марии Михеевой)

Продолжая повествование о дивном роде *Brachypelma*, мне бы хотелось рассказать о благовидном пауке, с которым мне довелось быть тёзкой. Зовут его птицевед эмилия (*Brachypelma emilia*) (рис. 8.). Только взгляните на его живописный окрас! У этого паука есть отличительная особенность – его рисунок на головогрудь. На карапаксе изображена ровная треугольная фигура чёрного цвета, которая начинается от центральной части щитка до его переднего края, где располагаются маленькие глазки

(всего их восемь). Это хелицеровое ведет наземный образ жизни, а в случае опасности предпочитает отступать, хотя иногда может и напасть. Кажется, словно этот птицевед рождён в глубинах фантазии одарённого деятеля искусства. А ведь так оно и есть... Ведь это – неподражаемое творчество самой матери-природы. И этот прелестный паук – реальное живое существо, которое наверняка сейчас одиноко бродит между многовековыми пирамидами далекой Мексики.

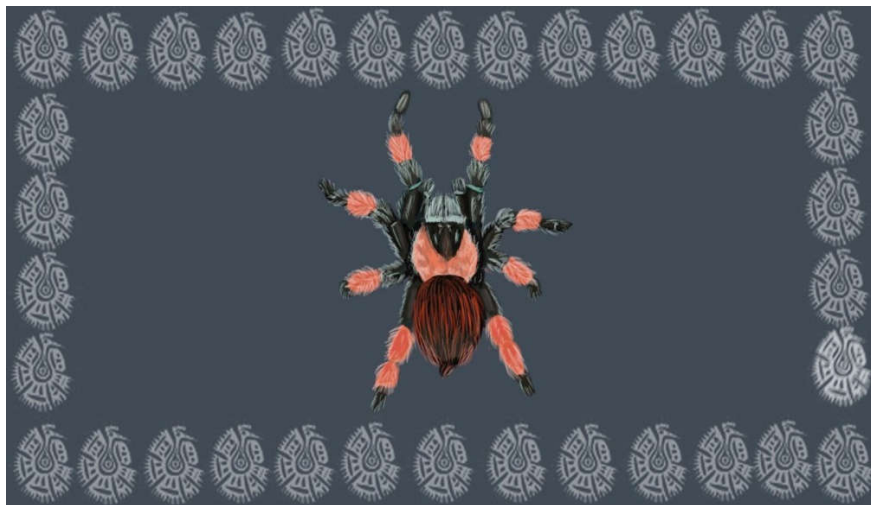


Рис. 8. *Brachypelma emilia* (рисунок Марии Михеевой)

Продолжим пополнять наш сказочный атлас сакральными знаниями и добавим ценную иллюстрацию на новую страницу. И вот уже перед нами *Tliltocatl albopilosus* (рис. 9.). На русский язык название переводится как «беловолосковый птицеед». Из-за обилия этих самых волосков ему придумали необычное прозвище – курчавый птицеед. Частенько я встречаю этого красавца в коллекциях пауководов. Пожалуй, в среде террари-

умистов этот вид будет одним из самых популярных арахнид. Почему *Tliltocatl albopilosus* получил такую широкую известность? Потому что его миловидная внешность гармонично сочетается с миролюбивым характером. Паучок неконфликтен, спокоен и старается не нападать. Кусает очень редко и только в крайних случаях. Наверное, и сами индейцы относились к этим паукам с большой любовью.

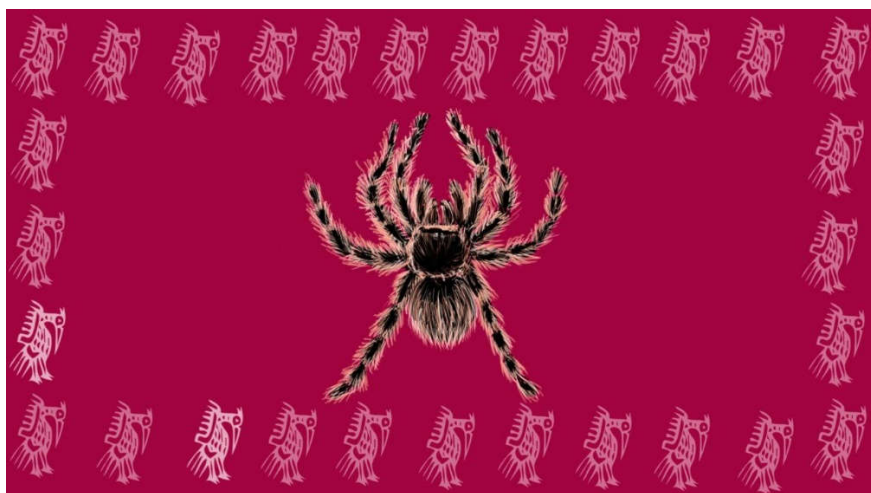


Рис. 9. *Tliltocatl albopilosus* (рисунок Марии Михеевой)

Не упущу возможности показать фотографию своего прекрасного питомца вида *Tliltocatl albopilosus* (рис. 10.). Систематика беспозвоночных животных – область очень динамичная. Она меняется неприлично быстро. Я знал этого паука,

как *Brachypelma albopilosum*. Но вот, вместе с *Brachypelma vagans*, он уже перенесен в род *Tliltocatl*. Так оно и бывает: вечером учишь систематику, ложишься спать, а наутро уже всё поменяли.

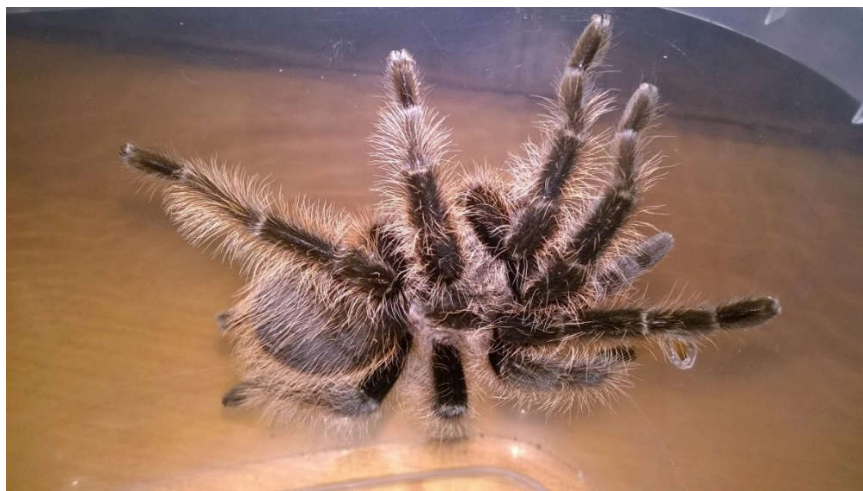


Рис. 10. Неполовозрелый (субадульт) *Tliltocatl albopilosus* (♂)

В некоторых случаях и вовсе сложно очертить границу вида. Например, когда велика изменчивость в пределах одного вида. Подобную картину мы можем наблюдать у *Davus pentaloris* (рис. 11). Такой необычайно красивый паук тоже обитает в Мексике. Как бы ни была велика вариабельность внешности птице-еда, он всё же остается одним из самых незаурядных членистоногих нашей планеты. Вглядитесь в облик этого паука. Кого он нам может напоминать? Какое крупное кошачье имеет такие же яркие цветные полосы на теле? Да, это тигр! Это настоящий тигр паучьего мира! Неспроста в русскоязычной литературе его иногда называют тигровым птицеедом. Но в отличие от здорового клыкастого млекопитающего, *Davus pentaloris* совсем безобиден и ласков. Как и любой паук, он кусает человека лишь с целью самообороны. Его манера поведения и цветные полосы будто роднят его с

нашими домашними котиками. Уверенно могу сказать, что этот маленький тигрёнок станет настоящим исцелением от арахнофобии.

Наш чудесный атлас обогатился новыми видами. Мы вместе начали заполнять его страницы дивными созданиями. Он начат, но вовсе не закончен, ведь фауна пауков Мексики поражает своим многообразием. Эти существа жили бок о бок с гордыми ацтеками. Они и по сей день обитают вблизи величественных храмов, каменных исполинов могучего Теночтитлана. Духи предков хранят память империи, павшей от рук конкистадоров. Но могущество столь мощного государства не исчезло бесследно. Едва слышно его робкое эхо, доносящееся до нас сквозь минувшие столетия. Этому тихому пронзительному зову индейцев внимают и наши маленькие соседи по планете, загадочные и безмолвные пауки.



Рис. 11. *Davus pentaloris* (рисунок Марии Михеевой)



Рис. 12. Автор в образе ацтекского императора Монтезумы (рисунок Марии Михеевой)

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Постулат о скорости реакции. Чем выше скорость реакции, тем трудней её остановить.

Следствие. Самые быстрые реакции заканчиваются взрывом и приходом декана.

Пирозакон. Чаще всего пожары в лабораториях происходят, когда рядом находится декан.

Вывод. Декан – экстрасенс и пироман.



Румянцева Любовь Алексеевна

*Выпускница химического класса СУНЦ МГУ,
студентка 1 курса ИТМО факультета инфохимии*

Специи в жизни человека

Что собой представляют специи, которые мы употребляем в пищу? Представляем вашему вниманию небольшой обзор. Теперь, предлагая гостям блюдо с гвоздикой, можете провозгласить: отведаем-ка эвгенола... (или вовсе 4-аллил-2-метоксифенола).

Сейчас уже никто не придаёт такое значение приправам на столе, как несколько столетий назад.

Начнём издалека, с одной из самых древних специй. Во времена чумы получила распространение такая приправа, как мускатный орех. Правда, её использовали не по прямому назначению, а в качестве средства защиты от смертельно опасной болезни – чумы. Это применение мускатного ореха связано с содержанием в нём изоэвгенола (рис. 1). В природе растение может таким способом защищаться от вредителей и, следовательно, запах мускатного ореха мог отпугивать блох, переносящих чуму.

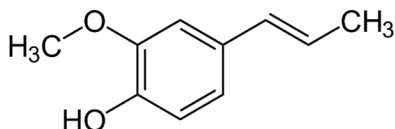


Рис. 1. Изоэвгенол

Также нельзя не упомянуть, что, помимо самого порошка мускатного ореха, получаемого из семени, есть второй продукт, извлекаемый из данного растения.

Это мацис, который получают из присемянника (аррилуса; рис. 2). У мускатного ореха присемянник обладает окраской, аналогичной аррилусу тиса (ярко-красной). Мацис используется в кухнях разных народов и за счёт своей пряной остроты добавляет пикантности вкусу.



Рис. 2. Аррилус, тис ягодный
(https://en.wikipedia.org/wiki/Aril#/media/File:Taxus_baccata_MHNT.jpg)

Помимо защитных и вкусовых качеств, мускатный орех обладает галлюциногенным эффектом. Одного ореха достаточно, чтобы вызвать тошноту, учащённое сердцебиение и галлюцинации на несколько суток. Такое действие

на организм, скорее всего, связано с метаболизмом мирицистина (рис. 3) в нашем организме.

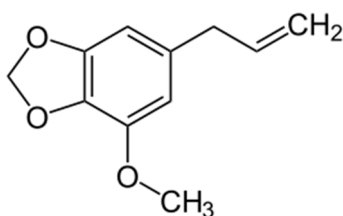


Рис. 3. Мирицистин

Мирицистин отличается от сафрولا (рис. 4) лишь наличием одной группы – OCH_3 . Сафрол получают из корней растения сассафраса, он также присутствует в лавровом дереве. Раньше из корней сассафраса делали напитков – рубтир. Но, так как сафрол был запрещён (он является основным веществом для синтеза экстази), сейчас в этом напитке обычно используют ароматизатор сассафраса.

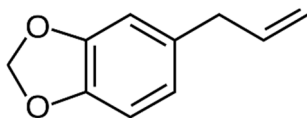


Рис. 4. Сафрол

Мускатный орех произрастает на мускатнике душистом – вечнозелёном дереве высотой около 10–15 м. Есть растение, которое содержит в себе похожие вещества, но при этом пахнет абсолютно по-другому. Это гвоздика, а если точнее, гвоздичное дерево. В качестве специй используются её кора и бутоны. Если мускатный орех содержит изовэнол, то в гвоздике находится эвгенол (рис. 5).

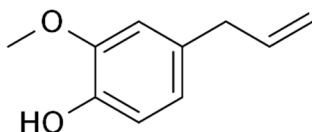


Рис. 5. Эвгенол

Гвоздика является более острой приправой, чем мускатный орех, но острота

зависит от того, из какой части растения была изготовлена специя. Гвоздичное масло в древности часто использовали как антисептик и средство от зубной боли и плохого запаха изо рта.

Из аналогичных по строению соединений можно выделить цингерон (рис. 6). Он содержится в подземных частях стеблей имбиря, но обладает совсем другим запахом, нежели корица и мускатный орех. Имбирь производит цингерон для того, чтобы защищаться от вредителей, это вещество – мощный природный пестицид.

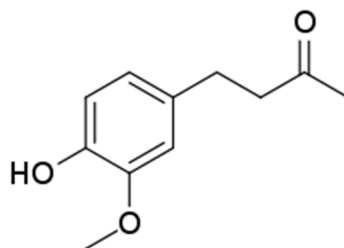


Рис. 6. Цингерон

Теперь поговорим про острые пряности. В период Великих географических открытий толчком для путешествий стали именно специи. Они сулили государству, заполучившему их, богатство и процветание. Конкуренция за пряности заставляла искать новые, более короткие маршруты до континентов, на которых они произрастали. Так, например, была открыта Северная Америка. Изначально Колумб хотел добраться наикротчайшим путем до восточных берегов Индии, но вместо этого он открыл новый континент, хоть и не осознавал этого. Борьба за перец (рис. 7) повлекла за собой множество экспедиций, в результате которых были открыты острова Зелёного Мыса, мыс Доброй Надежды и т.д.

Бывают различные виды перцев. Чёрный, зелёный, красный, белый... Чёрный перец получают из недозревших плодов путём ферментации. Белый перец получают из зрелых, высушенных плодов после удаления шелухи. Зелёный

перец – плоды, которые собирают и помещают в рассол, когда они только начинают созревать.



Рис. 7. Плоды *Pipernigrum*
(https://cdn.botanichka.ru/wp-content/uploads/2010/04/Piper_nigrum_05.jpg)

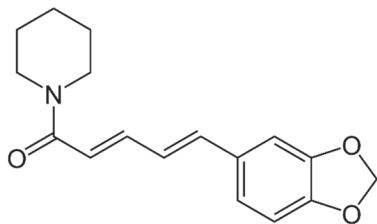


Рис. 8. Пиперин

Перцы всех остальных цветов или не являются плодами *Pipernigrum*, или получены путем окрашивания. Ощущение жжения во рту вызывает взаимодействие содержащегося в перце пиперина (рис. 8) с рецепторами языка.

Из своей второй поездки в Северную Америку Колумб привез новый вид перца: перец чили. Существует множество видов других перцев, относящихся к тому же роду. Это паприка, кайенский перец, колокольчиковый овощной перец, перец табаско. В этих перцах содержится капсаицин.

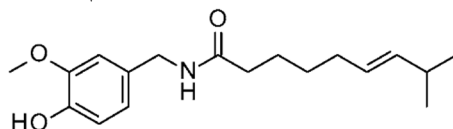


Рис. 9. Капсаицин

Почему люди едят острую пищу? Острые продукты стимулируют работу пищеварения, ускоряют метаболизм. Также острая пища обладает антибактериальным действием, так что острый вкус для нашего организма – сигнал, что еда не испорчена.

Литература

1. Берресон Дж., Лекутер П. Пуговицы Наполеона. Семнадцать молекул, которые изменили мир. – СПб.: Астрель, CORPUS, 2013. – 530 с.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Углерод – уникальный элемент

Углерод – потрясающий, абсолютно уникальный по свойствам элемент. Мы все – углеродная форма жизни. Все белки, ДНК и РНК построены на его основе. Это обуславливается способностью этого удивительного элемента соединяться в цепочки. Также самое твердое вещество состоит из углерода. Это и неудивительно: углерод – рекордсмен по количеству аллотропных модификаций. Вроде бы одни и те же атомы, сложенные в разные структуры, проявляют совершенно разные свойства! Из углерода состоит и удивительный двумерный материал (графен), и шарообразные молекулы с уникальными свойствами (фуллерены). Молекулы, в основе которых лежит углерод, могут отравлять и лечить нас. Гормоны – вещества, регулирующие процессы в нашем организме, тоже состоят из углерода! Измерение содержания ^{14}C позволяет нам определить возраст биологических останков. Про промышленность и говорить нечего – трудно найти область, в которой бы не использовались соединения углерода.

Я искренне восхищаюсь этим элементом!

Анна Ш.



Медицина



**Лепилкина Елизавета Михайловна,
Макарова София Юрьевна**

Ученицы 9 «В» класса МОУ Лицея № 8 «Олимпия»,
студенты ГБУ ДО ВСДЮТиЭ, структурного подраз-
деления «Кванториум», «Наноквантум» (проектная
группа)

Наход Мария Александровна

Научный руководитель проекта, ПДО ГБУ ДО ВСДЮТиЭ
«Наноквантум», преподаватель ВолгГТУ



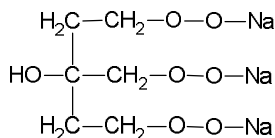
Плѐнки с наночастицами серебра – будущее антисептических средств

Часто ли вы думаете о чистоте своих рук? А о чистоте своего рабочего стола? Ведь на них ежечасно скапливаются тысячи бактерий таких видов, как стафилококки, сальмонеллы, кишечные палочки, шигеллы, бруцеллы и многие другие. Нередко для устранения бактерий мы прибегаем к антисептическим средствам на основе спирта, однако они разрушают защитный водно-липидный слой кожи, что может привести к воспалению, шелушению и трещинам. Поэтому мы предлагаем рассмотреть процесс изготовления полимерных водорастворимых плѐнок с наночастицами серебра.

Наночастицы серебра

Существует множество способов получения наночастиц серебра, для нашего эксперимента мы выбрали два: боргидридный и цитратный. Давайте рассмотрим их различия. Два метода отличаются

в первую очередь восстановителями, по названию можно догадаться, что в боргидридном методе используется боргидрид натрия NaBH_4 , а в цитратном – цитрат натрия $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$:



Ещё одно отличие заключается в том, что боргидридный способ основан на охлаждении боргидрида натрия и его последующем смешивании с раствором нитрата серебра, а цитратный метод, наоборот, основан на нагревании раствора нитрата серебра и последующем добавлении цитрата натрия. Эти методы удобны тем, что в них восстановители являются одновременно и стабилизаторами, а значит, не нужно дополнительно повышать агрегативную устойчивость наночастиц с помощью других веществ.

В результате эксперимента у нас получился коллоидный раствор. Чтобы доказать это, мы проверили наличие эффекта Тиндаля. Это оптический эффект рассеяния света, вызванного тем, что свет отражается от наночастиц в коллоидных растворах, и мы видим оптический путь лазера.

В двух полученных растворах наблюдалась опалесценция, однако в боргидридном методе конус Тиндаля не проходил сквозь стакан, что, вероятно, связано с большим размером наноча-

стиц, чем полученных цитратным методом (рис. 1, 2).

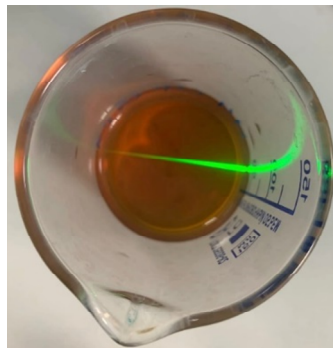


Рис. 1. Конус Тиндаля в коллоидном растворе, полученном боргидридным методом

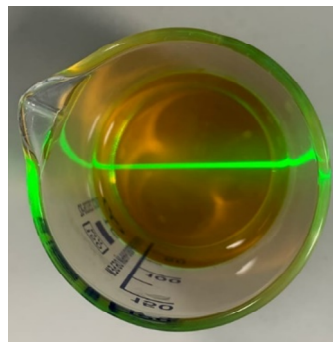


Рис. 2. Конус Тиндаля в коллоидном растворе, полученном цитратным методом

Главные показатели коллоидного раствора наночастиц серебра

Размер получившихся в растворе частиц – один из главных показателей для нашего исследования. Для ориентировочного определения размера частиц (в предположении их сферической формы) мы использовали спектрофотометр. Это прибор, который измеряет оптическую плотность раствора при разных длинах волн. После проведения измерений на нём мы построили спектр – график зависимости оптической плотности от длины волны (рис. 3). С помощью него нам удалось определить размер частиц в растворах. Согласно литературным данным, в золях серебра с размерами 20–40 нм максимум фотопоглощения приходится на

диапазон длин волн 400–420 нм. Это соответствует поглощению сине-фиолетовых лучей, поэтому золь серебра кажется зелёно-желтым (он приобретает окраску, дополнительную к сине-фиолетовому). А также для всех золь металлов с уменьшением дисперсности максимум поглощения сдвигается в сторону длинных волн, а при увеличении степени дисперсности – в сторону более коротких. Из спектра видно, что максимум оптической плотности для частиц, полученных боргидридным методом, смещён в более коротковолновую область, что свидетельствует о большем размере полученных наночастиц. Частицы, полученные

боргидридным способом, имеют средний размер 60 нм, а частицы, полученные цитратным методом – 40 нм. Основ-

ываясь на этих данных, мы выбрали для получения плёнок цитратный способ.

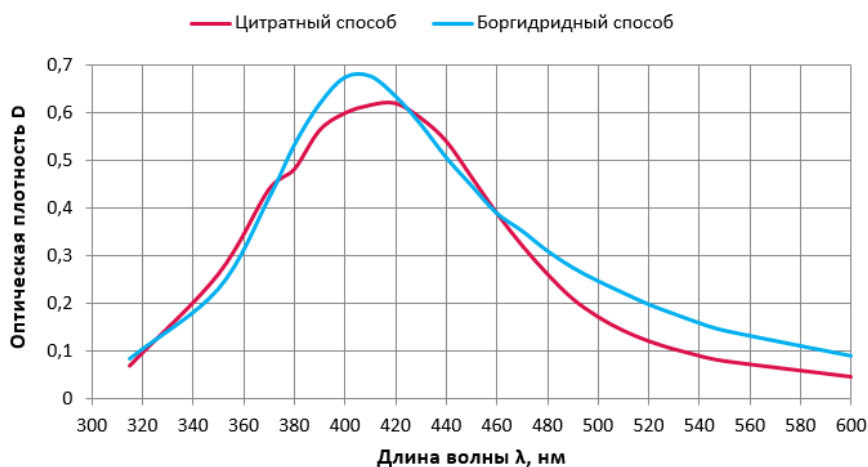


Рис. 3. Спектры поглощения полученных коллоидных растворов

Табл. 1. Условия синтеза и характеристики золей

Концентрация AgNO_3 в исходном растворе	0,005 М	0,01 М	0,015 М	0,02 М
Объём	10 мл	10 мл	10 мл	10 мл
Концентрация $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	0,05 М	0,05 М	0,05 М	0,05 М
Цвет	Светло-розовый	Жёлтый	Оранжевый	Серо-коричневый
Прозрачность	Прозрачный	Прозрачный	Прозрачный	Мутный
Седиментационная устойчивость	Устойчив	Устойчив	Устойчив	Не устойчив
Конус Тиндала	Наблюдали	Наблюдали	Наблюдали	Не наблюдали

Также одним из главных показателей стабильности коллоидных растворов является седиментационная устойчивость. На этот показатель влияет не только способ получения коллоидного раствора, но и концентрация наночастиц в нём (табл. 1). Для определения подходящей для нашего эксперимента концентрации мы цитратным методом получили четыре коллоидных раствора с разным содержанием наночастиц и состави-

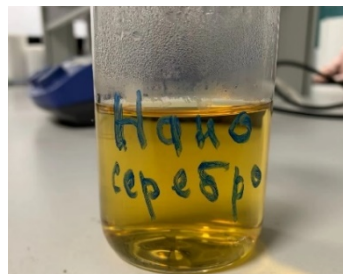


Рис. 4. Готовый коллоидный раствор серебра

ли сравнительную таблицу. На основе спектральных данных мы выбрали коллоидный раствор жёлтого (зелёно-жёлтого) цвета (рис. 4) из-за размера частиц в нём, значит, оптимальна исходная кон-

центрация нитрата серебра, равная 0,01 М. Полученный золь устойчив, и частицы Ag в нём не осаждаются в течение нескольких недель.

Получение плёнки на основе поливинилового спирта

Выяснив, какой именно раствор подходит для нашего исследования, мы приступили к изготовлению плёнок. За полимерную основу мы взяли водорастворимый поливиниловый спирт. Он используется в медицине и безопасен для кожных покровов. Для того чтобы «встроить» наночастицы серебра в структуру поливинилового спирта, нам для начала необходимо было приготовить 10 % водный раствор поливинилового спирта на водяной бане (рис. 5). Далее добавили в раствор поливинилового спирта готовый коллоидный раствор серебра в соотношении 1 : 1. Затем разлили золь в стеклянные формы, поставили в сушильный шкаф и выдерживали при температуре 60 °С 2 часа, а затем оставили при комнатной температуре до полного высыхания. Получилась прозрачная коричнево-жёлтая плёнка, бесцветная в тонком слое (20 мкм) (рис. 6). После нескольких экспериментов мы усовершенствовали плёнку, добавив в неё глицерин (в отношении к поливиниловому спирту 1 : 2,5) для придания эластичности.

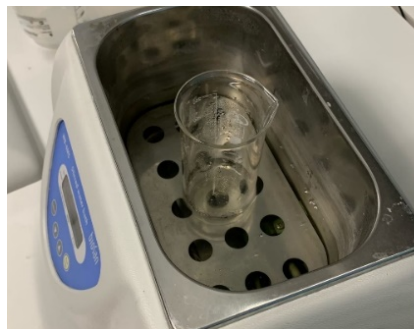


Рис. 5. Подготовка поливинилового спирта



Рис. 6. Готовая плёнка ПВС-Ag

Оптические свойства плёнок

К основным оптическим свойствам относятся поглощение, преломление, отражение и рассеяние света. Прозрачность полученных плёнок указывает на истинно нанометровые размеры частиц Ag, а значит, и на их работоспособность. Кроме того, оптические свойства имеют значение при эстетической оценке качества товаров. Чем более прозрачной будет полученная нами плёнка, тем менее заметна она будет на различных поверхностях, улучшая эстетичный вид покрываемой поверхности.

С помощью спектрофотометра были проведены исследования по оценке светопропускания полученной плёнки в широком диапазоне длин волн от 200 до 800 нм и был записан спектр пропускания. При длине волны 450 нм светопропускание составило 80% (рис. 7), что характерно для некоторых марок стёкол, следовательно, синтезированные нами плёнки на основе поливинилового спирта могут быть нанесены и на стеклянные поверхности без нарушения их прозрачности.

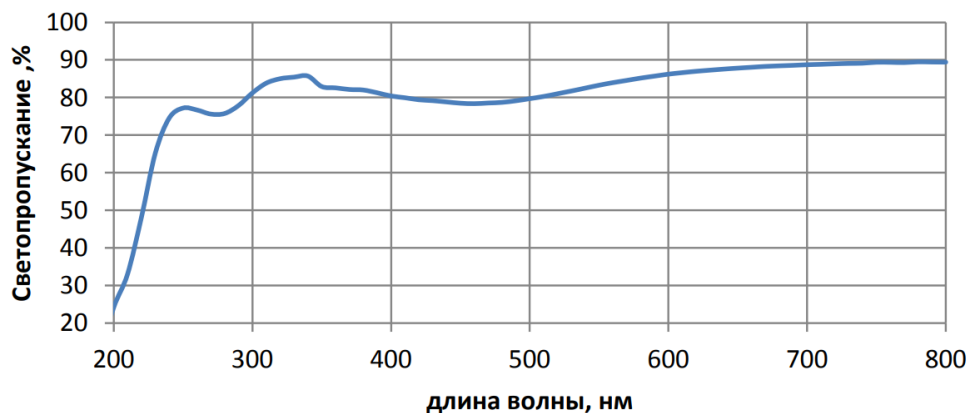


Рис. 7. Спектр пропускания плёнки ПВХ-Ag (зависимость светопропускания от длины волны)

Физико-механические свойства получившихся плёнок

Мы изучили прочность плёнок на основе поливинилового спирта и наночастиц серебра на разрыв. Для определения использовалась испытательная машина. Полученные плёнки показали хорошие

результаты по прочности (прочность на растяжение 106 МПа) по сравнению с обычными плёнками, такими как полиэтилен, у которого прочность при растяжении 12–13 МПа (рис. 8, табл. 2).

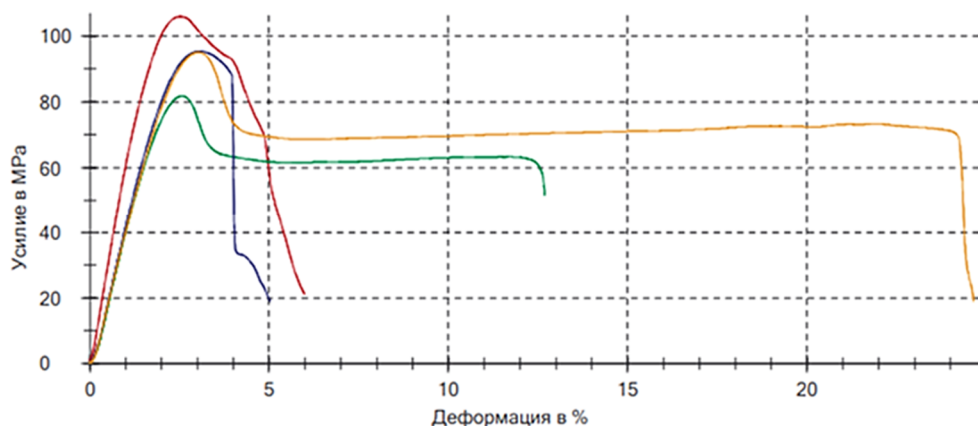


Рис. 8. График зависимости деформации образцов от приложенного усилия

В результате мы получили прозрачные прочные плёнки на основе поливинилового спирта с наночастицами серебра. Благодаря своим антибактериальным свойствам они смогут найти применение в качестве тонких покрытий. Ими

можно будет покрывать небольшие поверхности, а также мелкие личные вещи, такие как чехлы для телефонов, ручки, карандаши и т.д., и они смогут сохранять антибактериальные свойства на протяжении долгого времени.

Табл. 2. Механические характеристики полученных плёнок

Образец	Толщина, мм	Прочность на разрыв, МПа	Относительное удлинение, %
	0,02	106	6
	0,05	81,7	12
	0,06	95,3	5
	0,075	95	24,6

Литература

1. Сигов А.С. Получение и исследования наноструктур: Лабораторный практикум по нанотехнологиям. – М.: МИРЭА, 2008. – 116 с.
2. Методы получения наночастиц серебра. – <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/40542/1/TPU408258.pdf>.
3. Баранова О.А., Пахомов П.М. Способ получения пленок с наноструктурированным серебром. – Пат. 2542280 С1 (РФ), 2013.
4. Игнатов И.И., Мосин О.В. Методы получения мелкодисперстных наночастиц коллоидного серебра. // Вестник евразийской науки, 2014, №3 (22), с. 1098.
5. Малышева Ж.Н., Новаков И.А. Теоретическое и практическое руководство по дисциплине «Поверхностные явления и дисперсные системы»: учебное пособие. – Волгоград: ВолгГТУ, 2011. – 352 с.
6. Кудряшов М.А. Морфология, оптические и электрофизические свойства новых композиционных материалов на базе полимеров, содержащих наночастицы серебра: дис. канд. физ-мат. наук. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского 2020. – 149 с.
7. Катнов В.Е., Вахитов Т.Р., Катнова Р.Р., Степин С.Н. Физико-механические свойства полимерных пленок, содержащих наносеребро. / Вестник Казанского технол. ун-та, 2013, т. 16, № 17, с. 74–76.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Как прекрасен углерод

Углерод – поистине удивительный элемент. Миллионы различных соединений, пластичность и основа жизни. Биохимия – по моему мнению, апогей развития органики. В ней возможно то, что, лирически говоря, невозможно в классической химии. Сложные полимерные структуры, способность к саморегуляции и автокатализ – всё это меня восхищает.

Именно углерод, а не кремний, стал основой жизни. Красивым пейзажем за окном, лесами и заливаемыми дугами мы обязаны углероду. Важно отметить, что практическую или эстетическую пользу углерод принесет нам и в виде простого вещества. Алмазы всегда ценились человечеством за красоту и за твёрдость. Графитом я мог бы писать сей опус. Углеродные нанотрубки и фуллерены – основа современных нанотехнологий.

Как же прекрасен углерод!

Павел Н.



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 химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, заведующий химическим отделением школы № 192 г. Москвы, тренер сборной России по подготовке к Международной химической олимпиаде

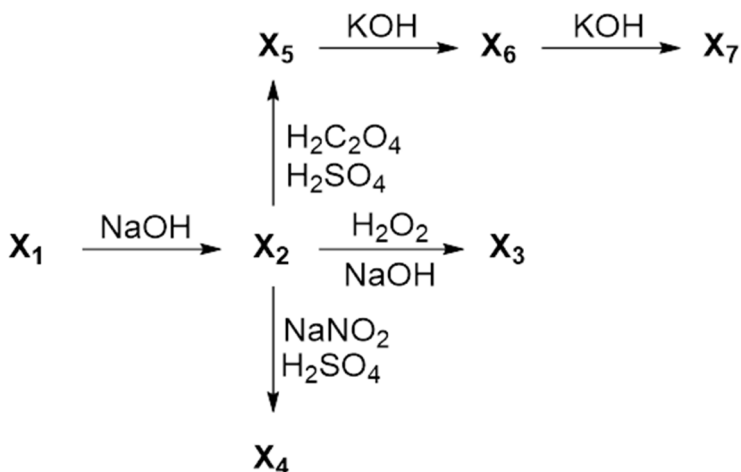
Задания LXXIX Московской городской олимпиады школьников по химии 2023 г. (11 класс)

Начинается новый учебный год, и наступает пора готовиться к новым олимпиадам. Здесь мы разбираем комплект, предложенный 11-классникам на Московской городской олимпиаде школьников по химии 2022–23 учебного года. Об этой олимпиаде, её истории и заданиях прошлых лет можно более подробно почитать на <https://moschem.olimpiada.ru/>.

Указание: при решении задач используйте точные значения атомных масс.

Задача 1

Ниже приведена схема превращений соединений некоторого элемента X:



Соединение	Массовая доля X, %
X ₁	56,02
X ₂	41,78
X ₃	20,55
X ₄	26,12
X ₅	31,25
X ₆	50,46
X ₇	47,84

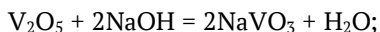
Определите неизвестные вещества X₁–X₇ и напишите уравнения приведённых реакций. Дополнительно известно,

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
V ₂ O ₅	NaVO ₃	Na ₃ [V(O ₂) ₄]	V ₂ (SO ₄) ₃	VOSO ₄	VO(OH) ₂	K ₂ V ₄ O ₉



Соединения ванадия: V₂O₅ и VOSO₄·3H₂O

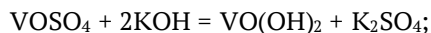
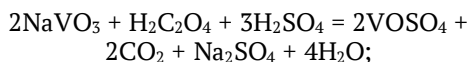
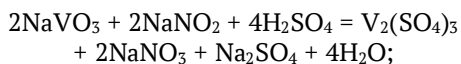
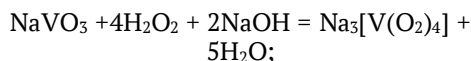
Уравнения реакций:



что вещество X₁ состоит из двух элементов, вещества X₂–X₇ – из трёх, а формульные единицы веществ X₂, X₃, X₅, X₆ содержат по одному атому элемента X.

Решение:

Поскольку X₂ образуется под действием NaOH и содержит три элемента, это, вероятно, натриевая соль кислородосодержащей кислоты. Тогда бинарное соединение X₁ – кислотный оксид. Тогда на основе массовой доли элемента X находим, что X₁ – V₂O₅. Состав остальных соединений также можно установить/подтвердить на основе массовых долей ванадия.



Критерии оценивания:

Формулы веществ X₁–X₇ – по 2 балла (всего 14 баллов).

Уравнения реакций – по 1 баллу (всего 6 баллов) (за неуровненные реакции по 0,5 балла)

Итого 20 баллов.

Задача 2

Неорганическое вещество X было впервые получено в 1910 году путём взаимодействия бинарного соединения A и концентрированного водного раствора бинарного соединения B (реакция 1). Если ту же реакцию проводить в среде ацетонитрила, то удаётся достичь гораздо более высокого выхода X. Водные растворы X неустойчивы и со временем

распадаются на соединение B и вещество C (реакция 2), которое производится в промышленных масштабах. Вещество C можно использовать для получения X. Для этого вещество C окисляют фтором на холоду с образованием веществ D и E (реакция 3), а затем полученное вещество D подвергают частичному гидролизу с образованием веществ



С и **Х** (реакция 4). Соединение **Д** также можно получить при взаимодействии хлорной кислоты с солью **Г** (реакция 5), образующейся при электролизе холодного концентрированного раствора соли **Г** (реакция 6), содержащей 44,9 % калия (по массе). Известно, что при взаимодействии раствора соли **Г** с раствором хлорида бария выпадает белый осадок (реакция 7), растворимый в соляной кислоте (реакция 8). Определите неизвестные вещества **А–Г** и **Х** и напишите уравнения реакций 1–8. Изобразите структурные формулы веществ **Д** и **Х**. Как в промышленности получают вещество **С**?

Решение:

Поскольку большинство процессов протекает в водных растворах, речь, скорее всего, идёт о кислородосодержащих соединениях. Определим соль **Г**. Молярная масса **Г** может быть рассчитана следующим образом:

$$M(\text{Г}) = xM(\text{К})/\omega(\text{К}) = 39,1x/0,449 = 87,1x,$$

где x – количество атомов калия в формульной единице соли **Г**.

Формулы веществ:

А	Д	С	Д	Т	Г	Г	Х
P_2O_5 (P_4O_{10})	H_2O_2	H_3PO_4	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8$	HF	$\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_8$	K_2HPO_4	H_3PO_5

Уравнения реакций:

- $\text{P}_2\text{O}_5 + 2\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_5;$
- $\text{H}_3\text{PO}_5 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2;$
- $2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{F}_2 = \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8 + 2\text{HF};$
- $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_5 + \text{H}_3\text{PO}_4;$
- $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_8 + 4\text{HClO}_4 = \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8 + 4\text{KClO}_4;$
- $2\text{K}_2\text{HPO}_4 = \text{K}_4\text{P}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\uparrow;$
- $\text{K}_2\text{HPO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaHPO}_4\downarrow + 2\text{KCl};$
- $2\text{BaHPO}_4 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

(допускается вариант с образованием

При $x = 1$ нет подходящих вариантов, а при $x = 2$ находим, что $M(\text{Г}) = 174,2$ г/моль, т. е. на кислотный остаток приходится

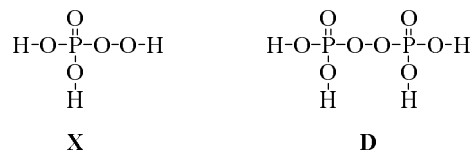
$$174,2 - 39,1 \cdot 2 = 96 \text{ г/моль},$$

что соответствует сульфату и гидрофосфату. Поскольку сульфат бария нерастворим в соляной кислоте, то единственный подходящий вариант состава соли **Г** – гидрофосфат калия K_2HPO_4 . Значит, речь в задаче идет о соединениях фосфора.

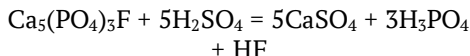
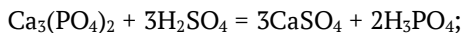
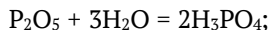
Соединение **Д** получается либо при окислении **С** фтором, либо при подкислении соли **Г**, являющейся продуктом электролиза **Г**. Этот набор реакций указывает на образование пероксидных соединений. При электролизе гидрофосфата калия образуется пероксодифосфат калия $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_8$ – **Г** (аналогия с получением пероксодисульфата из гидросульфата). Значит, вещество **Д** – пероксодифосфорная кислота $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8$. Гидролиз пероксодифосфорной кислоты даст пероксомонофосфорную кислоту H_3PO_5 (**Х**) и ортофосфорную кислоту H_3PO_4 (**С**). Бинарные соединения **А** и **В** – оксид фосфора (**В**) P_2O_5 и пероксид водорода H_2O_2 .

BaCl_2 и H_3PO_4).

Структурные формулы:



Ортофосфорную кислоту получают в промышленности либо гидратацией оксида фосфора (**В**), либо путём взаимодействия фосфорита или апатитов с серной кислотой.



(засчитывается любой вариант).

Критерии оценивания:

Формулы веществ **A–G, X** – по 1 баллу (всего 8 баллов)

Уравнения реакций 1–8 – по 1 баллу (всего 8 баллов) (неуравненные реакции оцениваются в 0,5 балла)

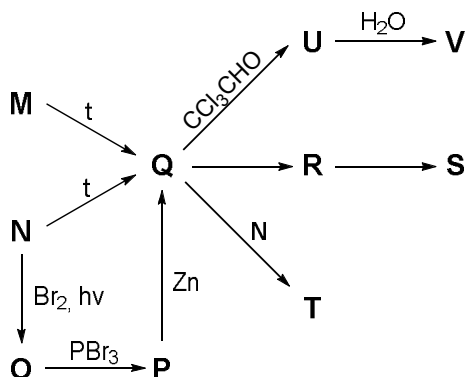
Структурные формулы **X** и **D** – по 1 баллу (всего 2 балла)

Любой верный способ промышленного получения ортофосфорной кислоты – 2 балла.

Итого 20 баллов.

Задача 3

Вещество **Q** представляет собой бесцветный газ с резким запахом. В промышленности газ **Q** получают пиролизом соединений **M** или **N**, каждое из которых является продуктом крупнотоннажного производства, причём вещество **N** применяют как в органическом синтезе, так и в кулинарии. Одним из лабораторных способов получения **Q** является взаимодействие вещества **P** с цинковой пылью. Основным промышленным применением газа **Q** является получение вещества **T** путём взаимодействия с веществом **N**. Газ **Q** крайне реакционноспособен и в отсутствие других реагентов со временем превращается в жидкость **R**, которая, в свою очередь, со временем превращается в твёрдое вещество **S**. Вещество **S**, молярная масса которого в 4 раза больше, чем у газа **Q**, не содержит карбоксильных групп, однако обладает выраженными кислотными свойствами и применяется как фунгицидное и бактерицидное средство.



При взаимодействии газа **Q** с хлоралем образуется соединение **U**, гидролиз которого даёт органическую кислоту **V**, встречающуюся во многих фруктах и ягодах. Определите неизвестные вещества **M–V** и приведите их структурные формулы.

Решение:

M	N
O	P
Q	R
$\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{O}$	
S	T
U	V

Критерии оценивания:

Структурные формулы веществ **M–V** – по 2 балла (всего 20 баллов).

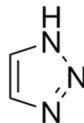
Итого 20 баллов.



Задача 4

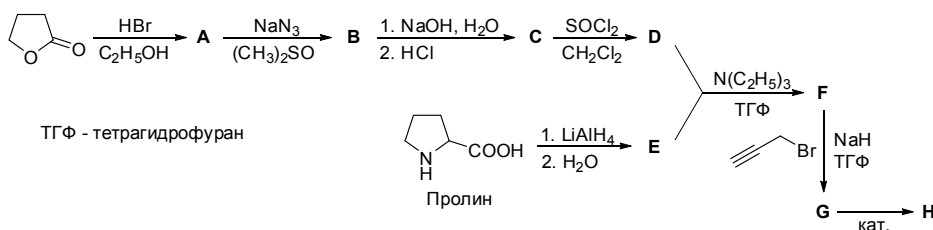
1. Взаимодействие органических азидов с алкинами с образованием 1,2,3-триазолов является важным инструментом в синтетической органической химии и биохимии. За разработку эффективных методов этого превращения была присуждена Нобелевская премия по химии 2022 года. Региоселективность протекания данной реакции сильно зависит от выбора катализатора. Один из катализаторов получают следующим образом: к раствору тригидрата хлорида рутения (III) в этаноле добавляют 1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиен-1,3 и кипятят полученную смесь в инертной атмосфере в течение 3 часов. Затем в реакционную смесь добавляют трифенилфосфин и продолжают кипячение еще 16 ча-

сов. Затем полученный раствор охлаждают и наблюдают выпадение оранжевых кристаллов катализатора. Из 200 мг тригидрата хлорида рутения (III) можно получить почти 500 мг катализатора (выход при этом составит около 82 %). Определите структуру катализатора. Ответ подтвердите расчётом.



1,2,3-триазол

2. Полученный катализатор использовали на последней стадии синтеза вещества Н:



Определите неизвестные вещества А–Н и приведите их структурные формулы.

Решение:

1. При выходе в 100 % мы бы получили $500/0,82 = 610$ мг катализатора. Количество хлорида рутения:

$$\begin{aligned} v(\text{RuCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) &= \frac{m(\text{RuCl}_3) \cdot 3\text{H}_2\text{O}}{M(\text{RuCl}_3) \cdot 3\text{H}_2\text{O}} = \\ &= 0,2 \text{ г} / 261,5 \text{ г/моль} = 7,648 \cdot 10^{-4} \text{ моль.} \end{aligned}$$

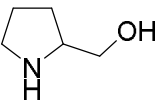
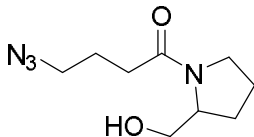
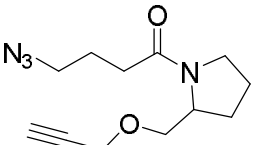
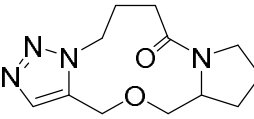
Отсюда примерная молярная масса катализатора

$$\begin{aligned} M(\text{кат.}) &= m(\text{кат.})/v = 0,610/7,648 \cdot 10^{-4} = \\ &= 798 \text{ г/моль} \end{aligned}$$

в расчете на 1 моль рутения. В системе присутствуют хлорид ионы, рутений, пентаметилциклопентадиен и трифенилфосфин. Требуемой молярной массе отвечает состав $\text{C}_5\text{Me}_5\text{Ru}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}$.

2. Структуры веществ:

А	В
С	Д

E	F
	
G	H
	

Критерии оценивания:

Расчёт молярной массы катализатора – 2 балла.

Вывод формулы катализатора –

2 балла.

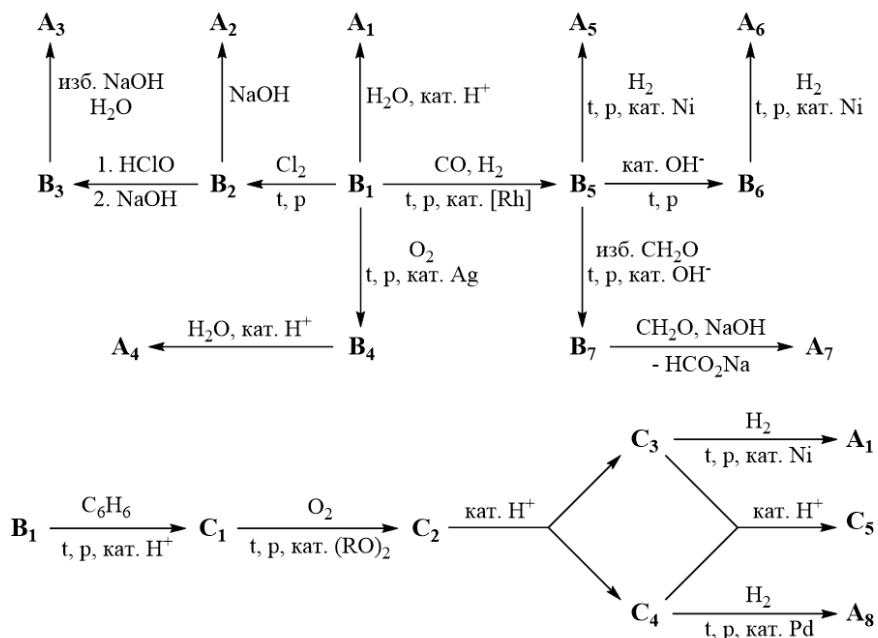
Структурные формулы веществ А–Н – по 2 балла (всего 16 баллов).

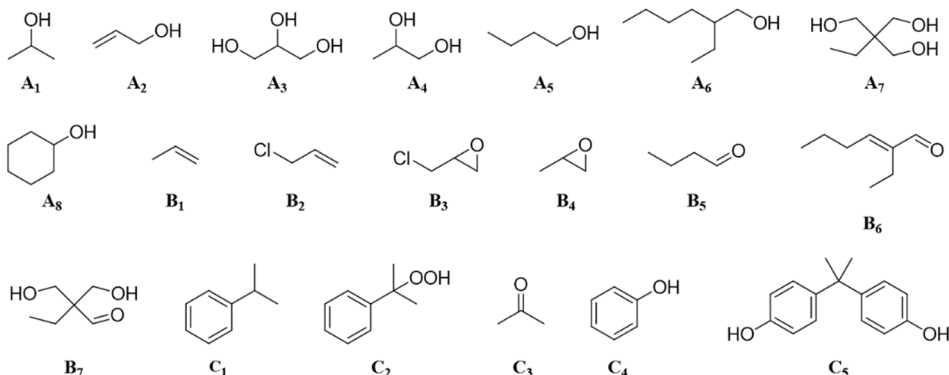
Итого 20 баллов.

Задача 5

Соединения А₁–А₈ являются крупнотоннажными продуктами химического синтеза и относятся к одному классу органических веществ. На схеме представлены промышленные процессы получения этих соединений из углеводорода В₁. В лаборатории В₁ можно получить де-

гидратацией А₁ или его изомера, также относящегося к классу соединений А₁–А₈, при этом других изомеров А₁, относящихся к этому классу веществ, нет. Определите приведённые на схеме неизвестные вещества А₁–А₈, В₁–В₇, С₁–С₅ и запишите их структурные формулы.



**Решение:**

Примечание: в качестве структуры **B₆** принимается структура с любой конфигурацией кратной связи, а также продукт альдольной конденсации (гидрок-

сиальдегид).

Критерии оценивания:

За каждое соединение по 1 баллу, всего 20 баллов.

Задача 6

Кристаллохимия – наука о кристаллических структурах веществ и о том, как связаны особенности кристаллической структуры вещества с его химическими и физическими свойствами. Обычно кристаллохимия имеет дело с идеальными кристаллическими структурами, в которых каждая позиция занята правильным атомом или ионом. Однако такое состояние возможно лишь при температуре, равной 0 К, поэтому в реальности мы почти всегда имеем дело не с идеальными кристаллами, а с дефектными, хотя эти дефекты и бывают незаметны. **Внутренними** дефектами называют дефекты, которые возникают в чистых веществах в отсутствие примесей.

Выделяют три основных типа внут-

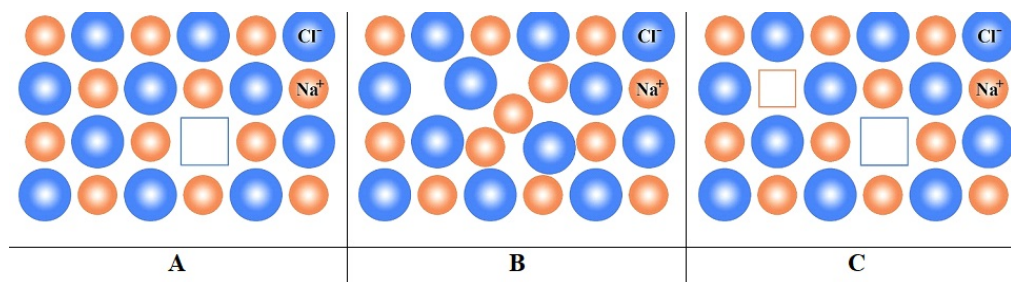
ренних дефектов:

- **Дефект Шоттки**, при котором в позициях, соответствующих катионам и анионам, отсутствуют атомы, причём для стехиометрии A_mB_n на каждые n отсутствующих атомов В приходятся m отсутствующих атомов А.

- **Дефект Френкеля**, при котором атом занимает одну из пустот кристалла, оставляя узел решётки свободным.

- **F-центр**, который возникает, если электрон оказывается заперт в одной из позиций атома в кристаллической решётке («F» от немецкого *Farbe* – цвет).

1) На рисунке ниже изображены три типа дефектов решетки NaCl (в одном слое). Соотнесите изображения дефектов с их названиями.





2) Влияют ли дефекты Френкеля и Шоттки и F-центры на стехиометрию вещества?

Чтобы определять наличие и концентрацию дефектов, используют разнообразные спектральные и дифракционные методы анализа. Так, для определения концентрации F-центров очень мощным методом является спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Она основывается на том, что в достаточно сильном магнитном поле неспаренные электроны могут находиться на двух энергетических уровнях: более выгодном по энергии, при котором спин электрона параллелен вектору магнитного поля, создаваемого прибором, и менее выгодном, при котором спин электрона антипараллелен вектору магнитного поля. По интенсивности сигнала в спектре ЭПР образца можно судить о количестве неспаренных электронов в нём.

3) Какие из следующих чистых веществ ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, CrCl_3 , $\text{Cr}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4$, KMnO_4 , CdCl_2 , $\text{V}(\text{CO})_6$) можно обнаружить методом ЭПР?

Образец NaCl в течение 10 часов облучали рентгеновским излучением с энергией 50 кэВ. По результатам исследования полученного образца с помощью метода спектроскопии ЭПР концентрация F-центров составила 10^{18} см^{-3} .

4) Приведите уравнения процессов, протекающих при облучении NaCl и приводящих к образованию F-центров.

5) Формулу облучённого хлорида натрия можно записать в общем виде как Na_xCl . Рассчитайте величину x (либо её отклонение от целочисленного значения), если известно, что плотность NaCl равна $2,165 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$.

6) Обычные электронные аналитические весы имеют предел взвешивания 80 г и дискретность измерения массы 0,1 мг. Возможно ли с помощью этих весов по изменению массы найти концентрацию F-центров в описанном выше об-

разце NaCl? Если да, то чему будет равна минимальная абсолютная погрешность величины x ?

7) Каким ещё способом можно получить хлорид натрия с F-центрами?

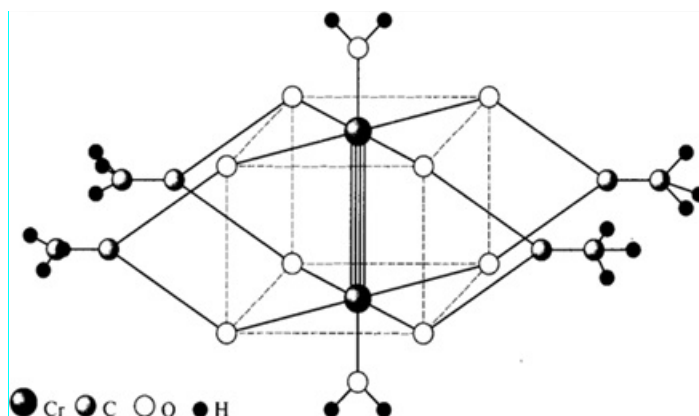
Решение:

1) На изображении **A** нет только аниона, но электронейтральность кристалла нужно как-то сохранять, поэтому на его месте останется электрон, а значит, это F-центр. На изображении **B** и анион, и катион присутствуют, однако катион находится не в своей позиции, а в междоузлии, поэтому это дефект Френкеля. На изображении **C** отсутствуют как анион, так и катион, поэтому это дефект Шоттки. Итого: **A** – F-центр, **B** – дефект Френкеля, **C** – дефект Шоттки.

2) Дефекты Френкеля **не влияют** на стехиометрию, так как общее число атомов в решетке остаётся таким же, как и в случае идеального кристалла и стехиометрия сохраняется. Дефекты Шоттки **не влияют**, так как при удалении из решётки атомов в стехиометрическом соотношении стехиометрическое соотношение в дефектном кристалле сохраняется. F-центры **влияют**, так как их образование вызвано потерей одного типа атомов/ионов, однако другой тип сохраняется, что приводит к нарушению стехиометрии.

3) В медном купоросе содержится атом меди (II) с конфигурацией d^9 , что соответствует четырём парам электронов и одному неспаренному электрону, а значит, его можно наблюдать в спектре ЭПР.

Хлорид хрома (III) имеет конфигурацию атома хрома d^3 , поэтому хотя бы один из трёх электронов будет неспаренным, и CrCl_3 мы тоже увидим в спектре ЭПР. $\text{Cr}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4$ существует в виде димера, в котором все d -электроны хрома спарены и образуют связь между атомами хрома. Соединение в итоге диамагнитно и не проявляется в спектре ЭПР.



Строение $\text{Cr}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

В перманганате калия все атомы обладают устойчивой оболочкой идеальных газов, поэтому неспаренных электронов нет, и соединение диамагнитно, а значит, оно не проявляется в спектре ЭПР.

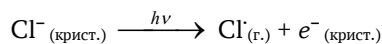
В хлориде кадмия конфигурация $4d$ -подуровня атома кадмия d^{10} , то есть все электроны спарены, а значит, хлорид кадмия тоже диамагнитен и не появится в спектре ЭПР.

В гексакarbониле ванадия все 6 молекул СО донируют суммарно 12 электронов на орбитали ванадия, у которого изначально было 5 валентных электронов. В итоге на валентном слое у ванадия всего 17 электронов, то есть останется

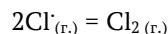
хотя бы один неспаренный, поэтому $\text{V}(\text{CO})_6$ мы увидим в спектре ЭПР.

Итого: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – **ДА**, CrCl_3 – **ДА**, $\text{Cr}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4$ – **НЕТ**, KMnO_4 – **НЕТ**, CdCl_2 – **НЕТ**, $\text{V}(\text{CO})_6$ – **ДА**.

4) При облучении высокоэнергетическим электромагнитным излучением происходит ионизация. В кристалле хлорида натрия проще всего ионизировать анион хлора, причём образующийся электрон останется в кристаллической решётке на месте атома хлора:



Получающиеся атомы хлора затем будут рекомбинировать:



Образец NaCl , приобретший окраску из-за облучения и появления F-центров



5) Судя по уравнениям процессов, формулу хлорида натрия можно записать в виде: $\text{Na}^+\text{Cl}_{1-y}(\text{e}^-)_y$. Для упрощения расчёта разумно предположить, что плотность хлорида натрия осталась примерно такой же, то есть, если объём порции хлорида натрия равен 1 см^3 , то:

$$\begin{aligned} v(\text{NaCl}) &= \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{V(\text{NaCl}) \cdot \rho(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} \\ &= 1 \text{ см}^3 \cdot 2,165 \text{ г/см}^3 / 58,44 \text{ г/моль} = \\ &= 0,037 \text{ моль}. \end{aligned}$$

При этом на каждый F-центр приходится один электрон, то есть:

$$\begin{aligned} v(\text{e}^-) &= N_F/N_A = \\ &= 96485 \text{ Кл/моль} / 6,022 \cdot 10^{23} = \\ &= 1,66 \cdot 10^{-6} \text{ моль}. \end{aligned}$$

И тогда у можно найти как отношение количества электронов к количеству атомов натрия:

$$\begin{aligned} y &= v(\text{e}^-)/v(\text{NaCl}) = \\ &= 1,66 \cdot 10^{-6} \text{ моль} / 0,037 \text{ моль} = 4,5 \cdot 10^{-5}. \end{aligned}$$

Чтобы перейти к виду Na_xCl и найти x , достаточно разделить индексы в формуле с y на $1 - y$:

$$x = 1/(1 - y) \approx 1 + 4,5 \cdot 10^{-5}.$$

6) Если изначально взять максимально возможную навеску NaCl, то

$$\begin{aligned} v(\text{NaCl}) &= 80 \text{ г} / 58,44 \text{ г/моль} = \\ &= 1,369 \text{ моль}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v(\text{e}^-) &= 1,369 \text{ моль} \cdot 4,5 \cdot 10^{-5} = \\ &= 6,16 \cdot 10^{-5} \text{ моль} = \Delta v(\text{Cl}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta m(\text{Cl}) &= \Delta v(\text{Cl}) \cdot M(\text{Cl}) = \\ &= 6,16 \cdot 10^{-5} \text{ моль} \cdot 35,45 \text{ г/моль} \approx 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ г}. \end{aligned}$$

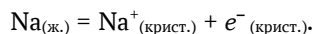
Полученное значение изменения массы хлора и будет разностью между массами образца до и после облучения.

Эта разность масс существенно выше, чем дискретность весов, поэтому в целом рассчитать x для образца из измерений масс возможно. Чтобы найти абсолютную погрешность для x , достаточно пересчитать x для изменения массы, равного $0,1 \text{ мг}$:

$$\begin{aligned} \Delta x \approx \Delta y &= \frac{\Delta v(\text{Cl})}{v(\text{NaCl})} = \frac{\Delta m}{m(\text{Cl}) \cdot v(\text{NaCl})} = \\ &= 10^{-4} \text{ г} / (35,45 \text{ г/моль} \cdot 1,369 \text{ моль}) \approx \\ &\approx 2 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

(относительная погрешность относительно отклонения от единицы оказалась равна $4,4 \%$, что неплохо).

7) Хлорид натрия с F-центрами можно также получить реакцией хлорида натрия с кипящим натрием. Натрий при этом ионизируется, и образующиеся заряженные частицы входят в структуру кристалла:



Критерии оценивания:

1) По 1 баллу за правильно соотнесённый тип дефекта (итого 3 балла).

2) По 1 баллу за правильный ответ про стехиометрию (итого 3 балла).

3) По 0,5 балла за каждый правильный ответ про ЭПР (итого 3 балла).

4) 1 балл за правильно приведённое уравнение ионизации иона хлора.

5) 4 балла за правильно рассчитанную величину x .

6) 2 балла за обоснованный ответ про возможность определения x из весового эксперимента, 2 балла за расчёт абсолютной погрешности (итого 4 балла).

7) 2 балла за реакцию с металлическим натрием.

Итого 20 баллов

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Закон «бутерброда». Случайно опрокидывается на пол, как правило, стаканчик с самым редким и трудносинтезируемым веществом.

Следствие. Чем больше стадий синтеза – тем больше вероятность опрокидывания стаканчика.

**Старых Сергей Алексеевич**

Выпускник химического факультета МГУ, организатор Проектной химической олимпиады, тренер олимпиадной сборной команды Москвы по химии

Задания Проектной химической олимпиады 2022-23 для 8 класса (заочный тур)

Проектная химическая олимпиада ставит цель привлечь внимание школьников к современному химическому эксперименту, даёт возможность познакомиться с тонкостями теории и практики работы в области препаративной и аналитической химии. Автор задач № 1–3 заочного тура прошедшего года для восьмиклассников – Евгений Алексеевич Берсенёв, автор задачи № 4 – Данила Андреевич Деянков.

Задача № 1

Без труда золото, серебро и медь были бы бесполезной пустой породой.

Махатма Ганди

Фотохимия – область химии, которая изучает реакции, протекание которых вызвано действием электромагнитного излучения в определенном диапазоне (от инфракрасного до ультрафиолетового). Многие из нас застали такую важную в истории человечества фотохимическую реакцию, как разложение галогенидов серебра на простые вещества под действием света.

Вопросы:

1. Запишите уравнение реакции разложения бромида серебра под действием света.

2. Почему галогениды серебра имели такую большую историческую важность, где эта реакция применяется?

3. Какого цвета имеют осадки галогенидов серебра?

Единственный растворимый галогенид серебра – фторид. Растворимость фторида серебра при *температуре 1* составляет 172 г в 100 г воды.

4. Найдите массовую долю фторида серебра в таком насыщенном растворе. Ответ подтвердите расчётом.

5. Сколько моль ионов серебра содержится в 0,5 л насыщенного раствора фторида серебра при 25 °С, если его плотность составляет 1,8 г/мл?

Известно, что растворимость солей в воде изменяется в зависимости от температуры. На этом свойстве основана перекристаллизация – метод очистки вещества путём растворения загрязнённого образца в горячей воде (в которой растворимость выше), фильтрации и затем охлаждения профильтрованного рас-

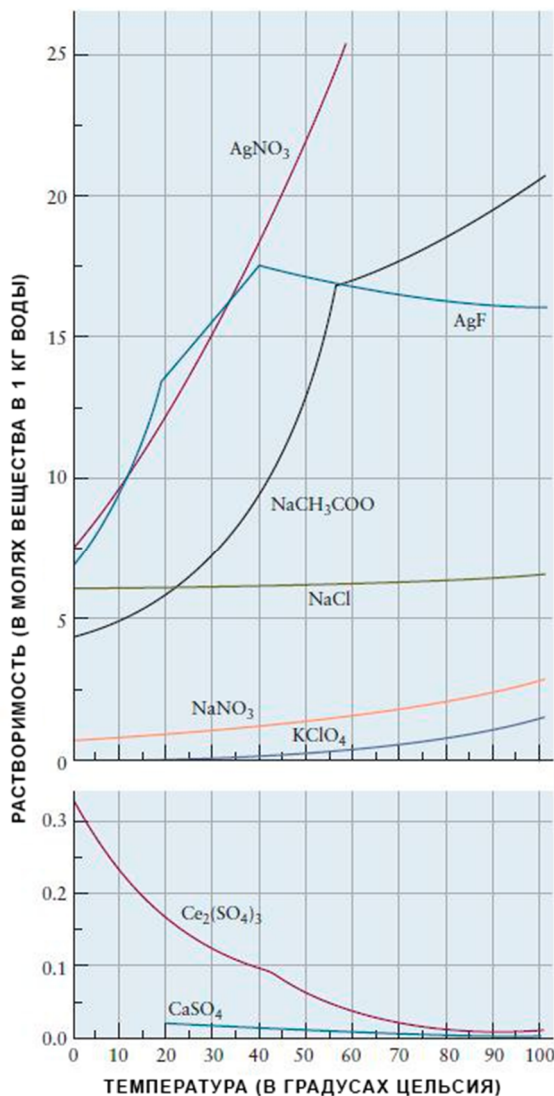
твора, сопровождающегося выпадением кристаллов чистого вещества (обычно при низкой температуре растворимость соответственно меньше). Ниже приведён график зависимости растворимости различных солей от температуры раствора.

6. Определите *температуру 1*.

7. Для очистки фторида серебра при

готовили 500 г насыщенного при 40 °С раствора, который затем охладили до 0 °С. Сколько граммов кристаллов чистого фторида серебра может быть получено по этой методике?

8. От каких типов примесей позволяет избавиться метод перекристаллизации?



Растворимость различных солей в зависимости от температуры



Задача № 2

Успех чаще выпадает на долю того, кто смело действует, но его редко добиваются те, кто проявляет робость и постоянно опасается последствий.

Джсавахарлал Неру

Существует множество методов анализа вещества, начиная с качественного анализа состава (он определяет, какие элементы присутствуют в образце), заканчивая анализом, позволяющим нам опознать структуры гигантских кластеров или отдельных молекул. Начнём двигаться в хронологической последовательности.

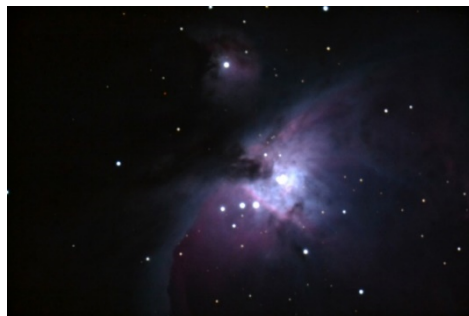
Пару веков назад люди определяли химическую формулу органических веществ, сжигая их в кислороде и далее анализируя получившуюся смесь продуктов.

Таким образом, для анализа в установку было помещено 1,34 г некоторого органического вещества (в состав входит только углерод и водород). После сжигания в сосуде было обнаружено 2,41 г воды, а также 2 л углекислого газа (объём был измерен после того, как смесь кислорода и углекислого газа пропустили над нагретым кальцием – стандартный способ очистить смесь от кислорода). Все объёмы были измерены при н. у.

Вопросы:

1. Найдите формулу этого углеводорода, учитывая, что данный углеводород тяжелее воздуха, но легче CO_2 .

В настоящее время для получения формул распространен такой метод анализа, как атомно-эмиссионная спектроскопия. По сути метод представляет собой нагрев пробы вещества до такой температуры, что оно в газовой фазе разлагается на составляющие его атомы, которые мы далее детектируем по спектру. Атом каждого элемента обладает своим спектром – может поглощать энергию и излучать её при определённой длине волны. Частично именно из-за этих спектров космические туманности играют красками.



Туманность Ориона (M 42) в одноимённом созвездии. Кстати, видимая невооружённым взглядом

На исследование в лабораторию принесли два разных вещества: первое – белый кристаллический порошок, а второе – бинарное вещество жёлтого цвета. В результате атомно-эмиссионной спектроскопии было получено, что первое вещество содержит $\omega(\text{N}) = 21,21 \%$, $\omega(\text{P}) = 23,48 \%$, $\omega(\text{H}) = 6,81 \%$, а остальное – кислород. При сканировании второго вещества прибор сломался, и получилось однозначно определить только один элемент – $\omega(\text{S}) = 39,02 \%$.

2. Рассчитайте, что это за вещества. Назовите их. Дополнительно про второе вещество известно, что сера в данном соединении двухвалентна.

Как вы думаете, почему первое вещество ранее широко использовалось как жёлтый пигмент, но вскоре его использование прекратилось?

Где и в каких целях используется второе вещество?

3. Электронография – метод изучения структуры вещества, основанный на рассеянии ускоренных электронов исследуемым образцом. Применяется для изучения атомной структуры кристаллов, аморфных тел и жидкостей, молекул в газах и парах. Этот метод позволяет



найти межъядерные расстояния в молекуле, знания которых позволяют нам предположить форму молекулы.

На анализ принесли два газа, количественный состав которых известен и одинаков, а качественный неизвестен. Количественный состав обоих газов – XY_3 , причем валентность X – III, валентность Y – I. Были получены следующие

межъядерные расстояния:

	$\text{R}(\text{X}-\text{Y})$	$\text{R}(\text{Y}-\text{Y})$
газ I	0,142 нм	0,246 нм
газ II	0,186 нм	0,263 нм

Нарисуйте форму обеих молекул. Какие фигуры получились?

Найдите углы между связями $\text{X}-\text{Y}$ в обеих молекулах.

Задача № 3

В крупной промышленной компании ПромГаз необходима перестановка кадров, поскольку главный инженер был отстранён от должности до окончания контракта из-за своей халатности. Теперь решать важнейшие инженерные вопросы в администрации некому.

ПромГаз занимается, как понятно из названия, добычей природного газа, перемещая его в гигантские цистерны – газгольдеры. Недавно была обнаружена гигантская полость объёмом около $0,1 \text{ км}^3$ под землей, заполненная природным газом под давлением, причём температура на этой глубине достигает 150°C . Для этого газа был создан газгольдер объёмом 150000 м^3 , способный выдерживать 1000 атмосфер. Всё бы ничего, однако оказалось, что давление газа под землёй отличается от предполагаемых до этого значений – вместо 3,5 атм давление оказалось равным 7,5 атм.

Вопросы:

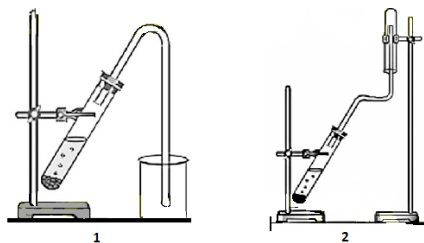
1. Выдержит ли газгольдер давление природного газа из полости? Учтите, что газ сможет выкачиваться до тех пор, пока давление природного газа не выровняется с давлением окружающей среды (т. е. до 1 атм), далее перекачка прекратится. Температура газа в газгольдере 25°C .

2. Основной в промышленности способ получения аммиака – процесс Габера – Боша. ПромГаз поставлял аммиак для всей страны, однако с отстранением главного инженера производство встало. Для процесса Габера – Боша использу-

ется смесь двух газов – азота и водорода. На производстве пригодную для процесса газовую смесь определяют по молярной массе смеси этих двух газов. Однако нужные пропорции этой смеси знал только главный инженер.

Помогите персоналу посчитать молярные массы следующих газовых смесей. Какая молярная масса будет у газовой смеси, состоящей на 50 мольных % из N_2 и 50 мольных % из H_2 ? А у газовой смеси, состоящей из 65 массовых % из N_2 и 35 массовых % из H_2 ? Какая молярная масса у воздуха?

3. На данном производстве, помимо получения аммиака, получают множество других газообразных продуктов, необходимых в быту. Эти продукты обязательно должны быть проанализированы специалистами на состав. Расскажите специалистам, как правильно держать пробирку при сборе проб данных газов, вниз (1) или вверх (2) донышком:



Каким образом необходимо собирать следующие газы? а) аммиак; б) углекислый газ; в) угарный газ; г) SF_6 ; д) иодоводород; е) хлор; ж) фтороводород; з) азот; и) водород; я) метан.



Задача № 4

Одними из составляющих нуклеиновых кислот (РНК, ДНК) являются нуклеозиды. Примером нуклеозида может послужить аденозин, который имеет химическую формулу $C_{10}H_{13}N_5O_4$. Аденозин – нуклеозид, состоящий из аденина, соединённого с рибозой. Аденозин играет важную роль в биохимических процессах, таких как передача энергии и сигналов. Аденозин также является нейротрансмиттером ингибиторного типа. Полагают, что он играет роль в стимуляции сна и подавлении бодрости.

Поскольку аденозин представляет собой одну из составных частей механизма передачи генетической информации, изучение его свойств является актуальной задачей для химиков. Важнейшей характеристикой биомолекулы является теплота её образования (сколько теплоты выделяется или поглощается при образовании данной молекулы), через которую косвенно можно судить об устойчивости молекулы и энергиях связей в ней.

Вопросы:

1. Продуктами реакции горения данного вещества являются два оксида (**X**, **Y**) в мольном отношении 10 : 6,5 и простое вещество **Z**. Определите **X**, **Y**, **Z**. Запишите уравнение реакции горения аденозина.

2. Рассчитайте теплоту образования аденозина (Q_f), если при сгорании 2 моль аденозина выделяется 10,279 МДж теплоты.

3. Рассчитайте, сколько моль аденозина нужно сжечь, чтобы подогреть 3 кг воды на 1 градус.

Справочные данные:

$$Q_f(X) = 393,51 \text{ кДж/моль};$$

$$Q_f(Y) = 285,51 \text{ кДж/моль};$$

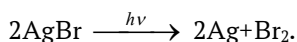
$$Q = cm\Delta T,$$

где c – теплоёмкость подогреваемого вещества, m – масса подогреваемой жидкости, ΔT – изменение температуры;

$$c(H_2O) = 4,18 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

Решение задачи № 1

1. Разложение бромида серебра под действием света:



2. Потемнение галогенидов серебра на свету послужило идеей для создания первых фотографий. На пластинку наносился слой галогенида серебра, и в тех местах, куда попадал свет, образовывались тёмные пятна серебра. Без данной реакции открытие фотографии произошло бы совсем не скоро.

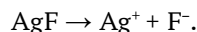
3. $AgCl$ – белый; $AgBr$ – светло-жёлтый (или просто жёлтый); AgI – жёлтый.

4. Т. к. массовая доля не зависит от количества насыщенного раствора, то представим, что у нас есть 100 г воды, в ней мы растворили 172 г соли – получился насыщенный раствор.

$$\omega_{\text{насыщ}}(AgF) = \frac{m(AgF)}{m_{\text{раствора}}}$$

$$= \frac{m(AgF)}{m(AgF) + m(H_2O)} = \frac{172 \text{ г}}{172 \text{ г} + 100 \text{ г}} \approx 0,632 = 63,2 \, \%$$

5. При электролитической диссоциации фторида серебра образуются катионы серебра и фторид-анионы:



$$n(Ag^+) = n(AgF);$$

$$\begin{aligned} n(AgF) &= \frac{m(AgF)}{M(AgF)} = \frac{\omega_{\text{насыщ}}(AgF) \cdot m_{\text{раствора}}}{M(AgF)} = \\ &= \frac{\omega_{\text{насыщ}}(AgF) \cdot \rho \cdot V_{\text{раствора}}}{M(AgF)} = \\ &= \frac{0,632 \cdot 1,8 \text{ г/мл} \cdot 500 \text{ мл}}{(108 + 19) \text{ г/моль}} = 4,48 \text{ моль}. \end{aligned}$$

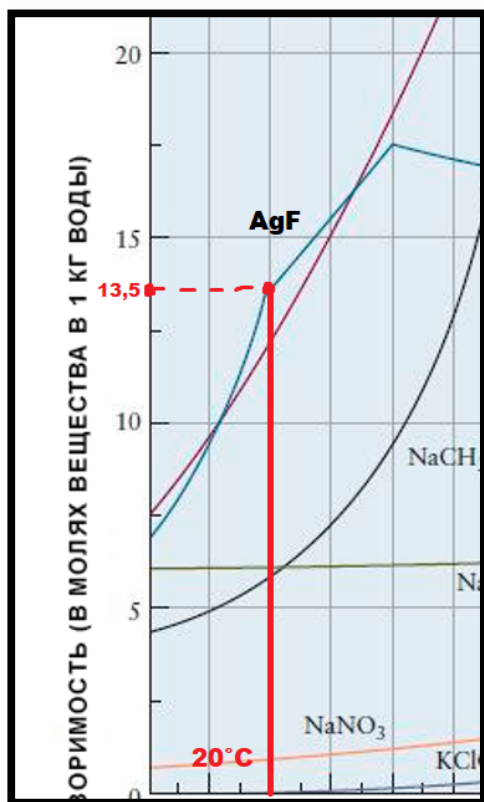
6. Преобразуем растворимость, данную в граммах на 100 г воды, в необходимую нам размерность – моль на 1 кг



воды. Если в 100 граммах воды растворилось 172 грамма AgF , тогда в 1 кг воды будет растворяться 1720 граммов AgF . Это:

$$n(\text{AgF})_{1 \text{ кг воды}} = 1720 \text{ г} / M(\text{AgF}) \approx 13,5 \text{ моль.}$$

Находим это значение на графике (см. ниже) и получаем, что оно соответствует температуре в 20°C .



7. Запишем необходимые значения с графика и приведём их к более удобным нам величинам:

Растворимость при 0°C – 7 моль в 1 кг воды или 0,007 моль в 1 грамме воды;

Растворимость при 40°C – 17,5 моль в 1 кг воды или 0,0175 моль в 1 грамме воды.

$$n(\text{AgF})_{40^\circ\text{C}} = 0,0175 \text{ моль/г} \cdot m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{AgF})_{40^\circ\text{C}} = M(\text{AgF}) \cdot n(\text{AgF})_{40^\circ\text{C}};$$

$$m(\text{AgF})_{40^\circ\text{C}} + m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ г.}$$

Совместим эти уравнения:

$$M(\text{AgF}) \cdot 0,0175 \text{ моль/г} \cdot m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ г};$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = \frac{500 \text{ г}}{M(\text{AgF}) \cdot 0,0175 \text{ моль/г} + 1} = 155 \text{ г};$$

$$m(\text{AgF})_{40^\circ\text{C}} = 500 \text{ г} - m(\text{H}_2\text{O}) = 345 \text{ г};$$

$$n(\text{AgF})_{0^\circ\text{C}} = 0,007 \text{ моль/г} \cdot m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{AgF})_{0^\circ\text{C}} = M(\text{AgF}) \cdot n(\text{AgF})_{0^\circ\text{C}} = (108 + 19) \text{ г/моль} \cdot 0,007 \text{ моль/г} \cdot 155 \text{ г} \approx 138 \text{ г};$$

$$\Delta m(\text{AgF}) = m(\text{AgF})_{40^\circ\text{C}} - m(\text{AgF})_{0^\circ\text{C}} = 345 \text{ г} - 138 \text{ г} = 207 \text{ г.}$$

8. Из описания может стать понятно, что фильтрация при перекристаллизации неспроста – таким образом мы избавляемся от нерастворимых примесей. Также при охлаждении хорошо растворимые примеси останутся в растворе.

В итоге верный ответ: перекристаллизация помогает избавиться от незначительных количеств хорошо растворимых и нерастворимых примесей.

Критерии оценивания:

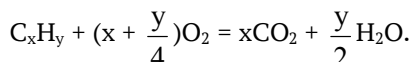
1. За верное уравнение реакции – 1 балл.	1 балл
2. За верную аргументацию – 1 балл.	1 балл
3. За все верные цвета осадков – 1 балл.	1 балл
4. За верный расчёт массовой доли – 3 балла.	3 балла
5. За утверждение, что количество вещества AgF равно количеству Ag^+ – 1 балл. За верный ответ с приведением расчётов – 4 балла.	5 баллов
6. За верный перевод растворимости из п. 2 в другую размерность – 3 балла. За верное нахождение температуры – 2 балла.	5 баллов



7. За верное нахождение растворимостей при двух температурах – по 1 баллу. За нахождение массы воды – 2 балла. За нахождение массы кристаллов – 3 балла.	7 баллов
8. За указание нерастворимых примесей – 1 балл. За указание хорошо растворимых примесей – 1 балл	2 балла
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи № 2

1. Уравнение реакции сгорания углеводорода:



Посчитав количества вещества воды и углекислого газа, мы можем понять, сколько атомов входило в состав исходного углеводорода.

$$n(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m} = \frac{2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,0893 \text{ моль};$$

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{2,41 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,134 \text{ моль}.$$

Тогда по пропорции:

$$\frac{n(CO_2)}{x} = \frac{n(H_2O)}{y/2}$$

$$y : x = \frac{2 \cdot n(H_2O)}{n(CO_2)} = \frac{2 \cdot 0,134 \text{ моль}}{0,0893 \text{ моль}} = 3.$$

Получается, наш углеводород имеет формулу $(CH_3)_n$. Чтобы определить, чему равно n , воспользуемся заданными ограничениями массы:

$$M(\text{воздух}) < M < M(CO_2);$$

$$29 \text{ г/моль} < M < 44 \text{ г/моль}.$$

При $n = 1$ молярная масса углеводорода будет 15 г/моль. При $n = 2$ – 30 г/моль. При $n = 3$ – 45 г/моль. Получается, что углеводород именно $(CH_3)_2$, то есть C_2H_6 .

2. Для нахождения формулы первого вещества $P_xN_yH_zO_f$ нам потребуется следующее уравнение:

$$x : y : z : f = \frac{\omega(P)}{M(P)} : \frac{\omega(N)}{M(N)} : \frac{\omega(H)}{M(H)} : \frac{\omega(O)}{M(O)};$$

$$\omega(O) = 100 \% - \omega(P) - \omega(N) - \omega(O) = 48,5 \%;$$

$$x : y : z : f = 0,757 : 1,515 : 6,81 : 3,03 = 1 : 2 : 9 : 4.$$

Таким образом, формула $PN_2H_9O_4$.

Т. к. порошок был белым и кристаллическим, то предположим, что это соль – но, т. к. нет металлов, наверное, это соль аммония $(NH_4)_2HPO_4$ – гидрофосфат аммония.

Пусть формула второго соединения $X^{N_2}S^{II}_N$, где N – валентность X . Найдем молярную массу X в зависимости от его валентности:

$$\omega(S) = \frac{N \cdot M(S)}{N \cdot M(S) + 2 \cdot M(X)};$$

$$M(X) = \frac{N \cdot M(S)}{2 \cdot \omega(S)} - \frac{N \cdot M(S)}{2} = N \cdot$$

$$\frac{M(S)}{2} \left(\frac{1}{\omega(S)} - 1 \right) = N \cdot 25 \text{ г/моль}.$$

$N = 1$: $M(X) = 25 \text{ г/моль}$ – нет такого элемента;

$N = 2$: $M(X) = 50 \text{ г/моль}$ – нет такого элемента;

$N = 3$: $M(X) = 75 \text{ г/моль}$ – As, причем валентность III для мышьяка существует. Тогда второй жёлтый порошок – As_2S_3 – сульфид мышьяка (III).

Сульфид мышьяка (III) перестал использоваться в красках, т. к. соединения мышьяка токсичны для человека (однако поняли это не сразу).

Гидрофосфат аммония широко используется человеком, как азотно-фосфорное удобрение. Гидрофосфат аммония содержит сразу два из трёх необходимых растениям главных макроэлементов (K, N, P).



3. Очевидно, что центральным атомом будет X, а Y будут окружать его, как лепестки. Т. к. межъядерные расстояния у разных атомов Y не различаются, то можно понять, что имеется некоторая симметрия, а если конкретизировать, то углы YXY равны для разных атомов Y в пределах одной молекулы.

В данном случае идеально было бы воспользоваться теоремой косинусов, однако она проходит в школьном курсе геометрии только в 9 классе, поэтому будем рассматривать решение без нее.

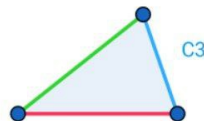
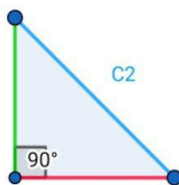
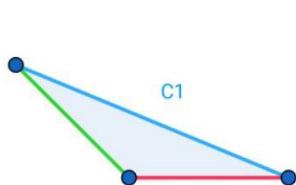
Для решения данного пункта задачи докажем следующие утверждения:

1. Квадрат стороны треугольника, лежащей против острого угла, меньше суммы квадратов прилежащих сторон.

2. Квадрат стороны треугольника, лежащей против тупого угла, больше суммы квадратов прилежащих сторон.

На рисунке ниже изображено три треугольника. Красные стороны, как и зелёные, в каждом треугольнике равны, в чем вы сами можете убедиться с помощью линейки. В то же время отрезки C1, C2 и C3 явно различны по длине, а именно

$$C1 > C2 > C3.$$



Нам известна теорема Пифагора: Квадрат стороны треугольника, лежащей против прямого угла, равен сумме квадратов прилежащих сторон. По теореме Пифагора, применённой к среднему треугольнику:

$$K^2 + 3^2 = C2^2,$$

где K – длина красной стороны, а 3 – длина зелёной стороны.

Зная, что $C1 > C2$, а $C2 > C3$, можем справедливо записать:

$$K^2 + 3^2 < C1^2 \text{ и}$$

$$K^2 + 3^2 > C3^2.$$

Что и требовалось доказать.

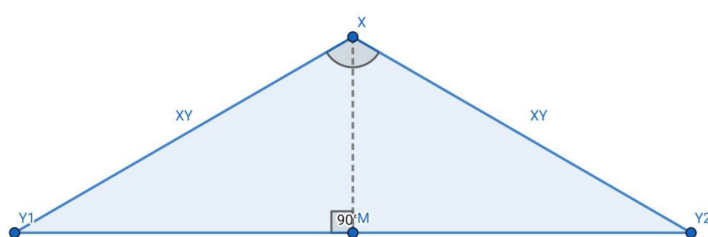
Первый газ:

Рассмотрим треугольник Y_1XY_2 . Т. к. треугольник равнобедренный, то мы знаем все стороны этого треугольника из условия задачи. Найдём, как соотносятся квадраты его сторон:

$$XY_1^2 + XY_2^2 < ? > Y_1Y_2^2.$$

$$0,142^2 + 0,142^2 < 0,246^2.$$

Т. е. угол Y_1XY_2 в данном треугольнике тупой. Проведем в этом треугольнике высоту (она же будет биссектрисой и медианой, т. к. треугольник равнобедренный).





Тогда расстояние Y_1M равно половине расстояния Y_1Y_2 , т. е. 0,123 нм. Найдем длину высоты XM по теореме Пифагора.

$$XY_1^2 = Y_1M^2 + XM^2;$$

$$XM^2 = XY_1^2 - Y_1M^2 = 0,142^2 - 0,123^2 = 0,005035;$$

$$XM \approx 0,071.$$

Мы можем заметить, что XM ровно в два раза меньше XY_1 , т. е. катет прямоугольного треугольника составляет половину от гипотенузы. Поэтому

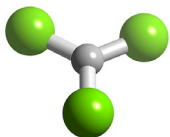
$$\angle XY_1M = \angle XY_1Y_2 = \angle XY_2Y_1 = 30^\circ.$$

Сумма углов в треугольнике составляет 180° , тогда:

$$\begin{aligned} \angle XY_1Y_2 + \angle XY_2Y_1 + \angle Y_1XY_2 &= 180^\circ = \\ &= 30^\circ + 30^\circ + \angle Y_1XY_2; \end{aligned}$$

$$\angle Y_1XY_2 = 120^\circ.$$

Чтобы все углы Y_iXY_j были равны 120° и соблюдалась симметрия, существует только один вариант расположения атомов: все атомы в одной плоскости (сумма всех дуг окружности составляет 360° , что дополнительно подталкивает нас к этому заключению). Данное строение можно наблюдать, к примеру, у BCl_3 .



Строение молекулы хлорида бора BCl_3

Второй газ:

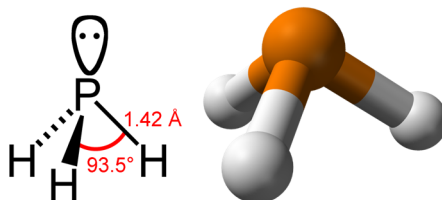
Воспользуемся тем же выражением, которое мы доказывали выше.

$$XY_1^2 + XY_2^2 <?> Y_1Y_2^2.$$

$$0,186^2 + 0,186^2 = 0,263^2.$$

Отсюда мы понимаем, что этот равнобедренный треугольник прямоугольный (угол $YXY = 90^\circ$).

Тогда для сохранения симметрии нам необходимо разместить треугольники из атомов под углом к друг другу, создав форму треугольной пирамиды. Почти такую же форму имеет молекула фосфина.



Строение молекулы фосфина PH_3

Итак: у первого соединения угол YXY равен 120° . Следовательно, молекула данного соединения плоская, а расположение всех атомов Y представляет собой равносторонний треугольник.

У второго соединения угол YXY равен 90° . Следовательно, данное соединение представляет собой тригональную пирамиду (пирамиду с треугольным основанием).

Критерии оценивания:

1. За написание и уравнивание реакции горения углеводорода – 2 балла. За нахождение соотношения количества атомов углерода и водорода в соединении – 3 балла. За нахождение верного ответа в диапазоне молярных масс – 2 балла. За верную формулу углеводорода – 1 балл.	8 баллов
2. Для первого соединения: Написана формула для нахождения соотношения атомов в соединении – 2 балла. Написана конечная формула и дано название – 1 балл. Если правильно указано, где применяется гидрофосфат аммония или правильно указаны альтернативные (кроме пигмента) способы применения аурипигмента – 1 балл. Для второго соединения: Выведена формула зависимости молярной массы от валентности элемента (или любым другим способом указана	9 баллов



работа с этой формулой, например, таблицей значений) – 3 балла. Написана конечная формула второго соединения и дано название – 1 балл. Если указана верная причина, почему перестал использоваться аурипигмент или сказано, что гидрофосфат аммония не растворим и не может/не использовался в качестве пигмента – 1 балл.	
3. За верную форму молекул – по 2 балла. За верный угол YXY – по 2 балла.	8 баллов
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи № 3

1. Для решения данного вопроса нам потребуется перевод приведённых значений в систему СИ и уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT.$$

	Было	Осталось	В газгольдере
p, Па	760000	101325	?
V, м ³	10 ⁸	10 ⁸	150000
T, K	423	423	298

Далее необходимо понять, что если газ будет выходить из недр лишь до тех пор, пока давление газа в недрах не станет равно давлению окружающей среды (1 атм), тогда количество вещества, которое окажется в газгольдере, будет меньше, чем было в недрах:

$$n_{\text{вышло}} = n_{\text{было}} - n_{\text{осталось}} = \frac{p_1 V_1}{RT_1} - \frac{p_2 V_2}{RT_2};$$

$$\frac{p_{\text{гг}} V_{\text{гг}}}{RT_{\text{гг}}} = n_{\text{вышло}};$$

$$p_{\text{гг}} = \frac{T_{\text{гг}}}{V_{\text{гг}}} \cdot \left(\frac{p_1 V_1}{RT_1} - \frac{p_2 V_2}{RT_2} \right) = 3,09 \cdot 10^8 \text{ Па} = 3053 \text{ атм} > 1000 \text{ атм}.$$

Данный газгольдер не рассчитан на такое количество газа.

Примечание: данное решение приведено для ситуации, когда в газгольдере изначально был вакуум, однако данная модель уместна при решении данной задачи, т. к. при значениях, близких к пределу прочности, погрешность в значении конечного давления в газгольдере со-

ставляла бы порядка десятых долей процента.

2. Средняя молярная масса:

$$M_{\text{ср}} = \chi(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) + \chi(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2);$$

$$M_{\text{ср}}(1) = 0,5 \cdot M(\text{N}_2) + 0,5 \cdot M(\text{H}_2) = 15 \text{ г/моль}.$$

Во втором случае:

$$\omega(\text{N}_2) = M(\text{N}_2) \cdot n(\text{N}_2) / m_{\text{общ}} = 0,65;$$

$$\omega(\text{H}_2) = M(\text{H}_2) \cdot n(\text{H}_2) / m_{\text{общ}} = 0,35.$$

Приравняем по общей массе:

$$M(\text{N}_2) \cdot n(\text{N}_2) / 0,65 = M(\text{H}_2) \cdot n(\text{H}_2) / 0,35;$$

$$\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2)} = \frac{0,35 \cdot M(\text{N}_2)}{0,65 \cdot M(\text{H}_2)} = 7,54;$$

$$\chi(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2) + n(\text{H}_2)} = \frac{n(\text{H}_2)/n(\text{N}_2)}{1 + n(\text{H}_2)/n(\text{N}_2)} = 0,883;$$

$$\chi(\text{N}_2) = 0,117;$$

$$M_{\text{ср}} = \chi(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) + \chi(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 0,117 \cdot M(\text{N}_2) + 0,883 \cdot M(\text{H}_2) = 5,04 \text{ г/моль} \approx 5 \text{ г/моль}.$$

Воздух – смесь газов, её средняя молярная масса $M(\text{воздуха}) = 29 \text{ г/моль}$.

3. Воспользуемся формулой пропорциональности плотности газа молярной массе вещества:

$$\rho(\text{A})/\rho(\text{B}) = M(\text{A})/M(\text{B}).$$

Газ тяжелее воздуха подразумевает $\rho(\text{газа}) > \rho(\text{воздуха})$. Получается, что

$$M(\text{газа}) > M(\text{воздуха}).$$

Аналогично для газов, которые легче воздуха:

$$M(\text{газа}) < M(\text{воздуха}).$$



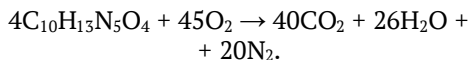
№	Газ	Молярная масса, г/моль	Относительно воздуха	Каким образом собирать
a	NH ₃	17	Легче	2
b	CO ₂	44	Тяжелее	1
c	CO	28	Легче	2
d	SF ₆	146	Тяжелее	1
e	HI	128	Тяжелее	1
f	Cl ₂	71	Тяжелее	1
g	HF	20	Легче	2
h	N ₂	28	Легче	2
i	H ₂	2	Легче	2
j	CH ₄	16	Легче	2

Критерии оценивания:

1. За понимание того, что не весь газ будет перегнан в газгольдер – 3 балла. За верный численный ответ – 4 балла. За ответ, что газгольдер не рассчитан на такое количество газа – 1 балл.	8 баллов
2. За верный расчёт в случае равных мольных долей – 2 балла. За верный расчёт в случае массовых долей – 4 балла. За верно указанную молярную массу воздуха – 1 балл.	7 баллов
3. За каждый верный пункт – 1 балл.	10 баллов
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи № 4

1. Два оксида, образующиеся при горении аденозина – это диоксид углерода и вода, а простое вещество – это азот. Легко убедиться, что оксиды образуются в указанном в задаче отношении, записав уравнение реакции:



Действительно, диоксид углерода и вода образуются в отношении 40 : 26, что равно 10 : 7,5. X – CO₂, Y – H₂O, Z – N₂.

2. Если при сгорании 2 моль аденозина выделяется 10,279 МДж теплоты, то при сгорании 4 моль (как в уравнении реакции), выделяется в два раза больше, то есть 20,558 МДж. Теплота реакции равна сумме теплот образования продуктов, домноженных на соответствующие стехиометрические коэффициенты, за вычетом суммы теплот образования реагентов, домноженных на соответствующие

стехиометрические коэффициенты (следствие закона Гесса):

$$Q_r = \sum_{\Pi} a_{\Pi} Q_{f\Pi} - \sum_{P} a_P Q_{fP}.$$

Откуда:

$$Q_r = 40Q_f(\text{CO}_2) + 26Q_f(\text{H}_2\text{O}) + 20Q_f(\text{N}_2) - 4Q_f(\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{N}_5\text{O}_4) - 45Q_f(\text{O}_2).$$

Теплоты образования простых веществ равны нулю, поэтому наше уравнение можно упростить:

$$Q_r = 40Q_f(\text{CO}_2) + 26Q_f(\text{H}_2\text{O}) - 4Q_f(\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{N}_5\text{O}_4).$$

Теплоту образования аденозина можно обозначить за x. Подставляя числа из справочных данных, мы можем записать уравнение и решить его относительно переменной x:

$$20558 \text{ кДж} = 40 \cdot 393,51 \text{ кДж/моль} + 26 \cdot 285,83 \text{ кДж/моль} - 4x;$$

$$x = 653,50 \text{ кДж/моль}.$$



$$Q_f(C_{10}H_{13}N_5O_4) = 653,50 \text{ кДж/моль.}$$

3. Если при сгорании 2 моль аденозина выделяется 10279 кДж теплоты, то на 1 моль выделяется примерно 5139,5 кДж. Количество аденозина можно обозначить за y и подставить в

формулу, данную в условии:

$$\begin{aligned} & y \cdot 5139,5 \text{ кДж/моль} = \\ & = 4,18 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)} \cdot 3 \text{ кг} \cdot 1 \text{ К}; \\ & y = 2,44 \cdot 10^{-3} \text{ моль.} \end{aligned}$$

Необходимо сжечь $2,44 \cdot 10^{-3}$ моль аденозина.

Критерии оценивания:

1. За определение X, Y, Z – по 1 баллу. За уравнение реакции – 4 балла.	7 баллов
2. За значение теплоты образования аденозина – 9 баллов.	9 баллов
3. За количество аденозина – 9 баллов.	9 баллов
ИТОГО:	25 баллов

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Песенка про хлор

Знает, наверное, каждый из нас:

Хлор – это газ.

Он жёлто-зелёный, вонюч, ядовит

И тем знаменит.

Из-за хлора немало душ полегло,

Но польза в нём есть, наговорам назло:

Хлор «дружит» со всеми, с металлом и нет –

И в этом секрет.

С водою хлор – не разлей вода.

В бассейне найдёшь ты его всегда.

Убийца бактерий, он в кране с водой,

В воде питьевой.

Хлор – популярный в среде галоген.

Не будет его – будет много проблем.

Он в каменной соли, в земной коре

И даже в тебе.

Ты спортом увлёкся, иль солнце парит,

И пот с тебя ручьями бежит,

Сонливость и вялость не пустят во двор –

Если отсутствует хлор.

Боль в голове, слезятся глаза,

Сердце шалит и со «стулом» беда,

От кашля не скажешь ни «ме» и ни «бе» –

Много хлора в тебе.

Чтобы луч жизни в тебе не угас,

Блюда в организме хлора баланс.

Так что же, полезен хлор или нет?

Придумай ответ!

Андрей Д.



Исследовательская деятельность



Ларюшкина Дарья Романовна
Учащаяся 8 класса ЦДНиИТТ «Квант»

Дорохин Сергей Васильевич

Преподаватель химии ЦДНиИТТ «Квант», г. Новомосковск,
Тульская область



Про морковь на постном масле

Как сделать пищу вкусной и в то же время максимально полезной?
Надо продумывать сочетания. И поможет нам в этом химический анализ...

Я очень люблю помогать родителям с приготовлением пищи, но раньше не задумывалась о том, как важно правильное сочетание ингредиентов в различных блюдах, чтобы польза от потребления этих блюд была максимальной. В первую очередь это касается усвоения витаминов и провитаминов, например, каротиноидов.

При расщеплении и окислении каротиноидов образуется витамин А. Обычно растения содержат несколько различных каротиноидов: каротин, ксан-

тофилл и ликопин. Содержатся они практически во всех органах: в цветках, листьях, плодах и семенах. Самое большое количество каротиноидов содержится в корнеплодах моркови.

Каротиноиды растворяются растительными маслами. Я решила сравнить четыре вида сельскохозяйственных растительных масел, чтобы узнать, какое из них сможет выделить большее количество провитамина А из моркови, чтобы в дальнейшем использовать именно это растительное масло в блюдах из овощей [1].

Каротиноиды

Каротиноиды – природные пигменты (красящие вещества), содержащиеся в моркови и многих растениях, а

также в животных жирах. Молекулы каротиноидов содержат ряд сопряжённых двойных связей, т. е. они относятся к по-

лиенам. Этенильная группа $>C=C<$ является одной из хромоформных групп; наличие многих этенильных групп и обуславливает красную или жёлтую окраску ка-

ротиноидов. Многочисленные двойные связи также обуславливают и лёгкую окисляемость каротиноидов (рис. 1).

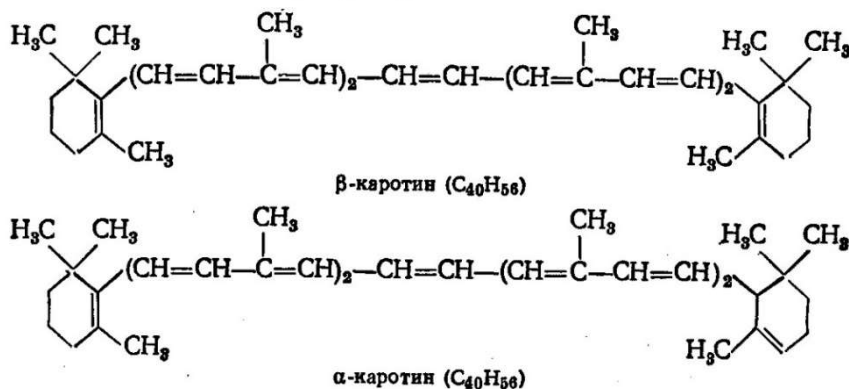


Рис. 1. Альфа- и бета-каротины

Основная роль каротиноидов в живых организмах: они являются антиоксидантами; повышают иммунитет, усиливая способность клеток-киллеров нейтрализовать бактерии и вирусы; защищают мембраны клеток от разрушения; предотвращают мутации в ДНК клетки; тормозят развитие раковых клеток, защищают от рака; улучшают состо-

яние кожи; обеспечивают синтез витамина А; защищают от ультрафиолетового излучения; улучшают зрение; укрепляют кровеносные сосуды [2].

Обнаружение кратных связей в молекуле каротина происходит путём их окисления разбавленным раствором перманганата калия или с помощью иодной воды.

Опыт № 1. Получение масляных экстрактов каротина

Для эксперимента было отобрано четыре вида рафинированных и дезодорированных растительных масел (рис. 2): 1) масло виноградной косточки; 2) облепиховое масло; 3) кукурузное масло; 4) подсолнечное масло; а также корнеплоды моркови.

В четыре баночки мы налили по 45 мл каждого растительного масла. Морковь натёрли на мелкой тёрке, разделили на четыре части по 15 г, после чего пересыпали каждую часть в баночки с растительными маслами. Эти баночки поставили на сутки на «водяную баню», которая поддерживала постоянную температуру 40 °С (рис. 3). Спустя сутки переставили баночки в тёмное место и оставили на неделю. Далее отделили

морковь от масла. Результаты первого опыта представлены на рис. 4. Разница внешнего вида масел до экстракции каротина и после очевидна.



Рис. 2. Исследуемые масла



Рис. 3. Этапы выполнения опыта № 1



Рис. 4. Результаты опыта № 1

Опыт № 2. Измерение экстрагирующей способности масел

Для эксперимента было подготовлено четыре вида растительных масел с экстрактом моркови; четыре вида тех же

растительных масел без экстракта моркови; иодная вода.

В пробирку поместили 1 мл исследу-

емого масла без экстракта моркови и по каплям при нагревании добавляли к нему иодную воду до прекращения изменения окраски (рис. 5). Те же опыты были проведены и с маслом, содержащим экстракт моркови. Результаты зафиксировали. С каждым видом масла повторяли данные действия по три раза для точности эксперимента. Вычисления по итогам эксперимента приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, наилучшим образом экстрагировать каротин способно подсолнечное масло, и именно им оптимально заправлять блюда с морковью для более полного усвоения провитамина А.



Рис. 5. Нагревание порции исследуемого масла с иодной водой

Табл. 1. Объёмы иодной воды, израсходованной на титрование

Вид масла	Без моркови, мл	С морковью, мл	Разница, мл
Масло виноградной косточки	2	3,1	1,1
Кукурузное масло	4,2	5,5	1,3
Облепиховое масло	5,2	5,5	0,3
Подсолнечное масло	4,4	5,9	1,5

Литература

1. Букин Ю.В. Витамины и β -каротин в профилактике злокачественных образований. // Вопр. питания, 1993, № 4, с. 9–12.
2. Карнаухов В.Н. Биологические функции каротиноидов. – М.: Наука, 1988. – 239 с.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Цезий

Цезий имеет красивый золотистый цвет, при этом цена за грамм у него выше, чем цена за грамм золота – так сказать, дорогой аналог золота, если касаться только цвета.

Наряду с галлием он имеет довольно низкую температуру плавления (301,55 К), поэтому тепла нашего тела хватит, чтобы он перешёл в жидкое состояние.

Ионы цезия окрашивают пламя в бледный оттенок фиолетового. В бурной реакции, например, с целлюлозой (бумагой) над реагирующей смесью возникает эстетичное фиолетовое пламя.

Цезий очень активный, так как является щелочным металлом. Его «запирают на домашний арест», а именно – помещают в ампулы, чтобы не самовоспламенился и не спалил всё вокруг. К воде его лучше не подпускать, при большом количестве металла он тут же взорвётся.

За всё это цезий удостоивается 10 баллов из 10 и оглашается победителем в моём рейтинге металлов!

Максим М.



Гайсина Айсылу Алмазовна

Студентка 1 курса направления экология Института международной торговли и Устойчивого Развития МГИМО, выпускница Школы ЦПМ г. Москвы

Каргапольцева Ирина Анатольевна
Преподаватель Школы ЦПМ, тренер олимпиадной сборной Москвы по экологии



Пономарёва Наталья Леонидовна

Преподаватель экологии Школы ЦПМ, главный тренер олимпиадной сборной Москвы по экологии



Оценка качества воды реки Уязытамак

Работы с экологической тематикой всегда актуальны. И вдвойне показательны, когда в них грамотно используются методы. Исследование реки Уязытамак – хороший пример применения методов сбора проб, характеристики точек отбора, определения состава макрозообентоса и его показателей, определения биоиндикационных индексов.

Реки имеют важное значение для людей, экосистемы и биосферы в целом. Согласно литературным данным [1], малые реки и ручьи – хорошие индикаторы экологического состояния своих водосборных территорий. Река Уязытамак относится к Камскому водному бассейну (по данным водного реестра). Площадь бассейна реки Уязытамак составляет 46,5 км². [2] в реке Уязытамак обитают ценные и редкие, исчезающие, «красно-

книжные» виды рыб. Это, например, ручьевая форель и бычок-подкаменщик. Популяции ручьевой форели и бычка-подкаменщика сокращаются [3]. Один из лимитирующих факторов, снижающих численность популяции данных видов, – загрязнение водотоков, утрата местообитаний и мест нерестилищ, истощение их кормовой базы в результате антропогенного воздействия. Таким образом, чтобы сохранить популяции ручьевой форели и

бычка-подкаменщика, необходимо охранять экосистему реки Уязытамак. Оценка качества воды её водотока ранее не проводилась. Поэтому целью нашей работы стала оценка качества воды в реке Уязытамак методами биоиндика-

ции и выявление наиболее загрязнённых точек для формулировки рекомендаций по улучшению качества воды в ней в рамках сохранения популяций «краснокнижных» видов рыб.

Особенности условий жизни в реках

Малые реки – постоянно действующие естественные водотоки длиной от нескольких до десятков километров, с площадью водосбора обычно до 2 тыс. км² [4].

По современной эколого-гидрологической классификации текущие воды делят на две большие группы: ритраль и потамаль. К ритрали относят примыкающую к роднику часть водотока с каменистым или гравийно-галечным грунтом, высокой скоростью течения, насыщенной кислородом водой и амплитудой среднемесячных температур до 20°C. К потамали относят примыкающую к ритрали нижнюю часть водотока с песчаным, заиленным или илистым грунтом, сравнительно небольшой скоростью течения, амплитудой среднемесячных температур выше 20° С и частым проявлением дефицита кислорода. Границы между ритралью и потамалью зависят от климата региона [5].

Среди абиотических факторов наибольшее значение для обитателей рек имеют уровень и паводковый режим, скорость течения, прозрачность, температура и солевой состав воды, а для обитателей дна – и характер грунтов.

Уровеньный режим определяется соотношением поступления и расхода воды. Питание рек может быть дождевым, снеговым, ледниковым и подземным. В большинстве случаев питание смешанное, причем соотношение его отдельных форм меняется в зависимости от конкретного участка и времени года. Повышение уровня реки происходит в результате резкого усиления дождевого, снегового и ледникового питания в те или иные сезоны. Уровень воды во время

паводков может подниматься на 10–15 метров. Скорость течения зависит главным образом от уклона ложа, колебаний уровня и величины сечения реки. С продвижением от истока к устью скорость течения постепенно затухает.

Следует отметить, что поток воды в реках имеет не ламинарный (линейный), а турбулентный характер, когда образуются всевозможные завихрения, обуславливающие энергичное перемешивание водной массы и выравнивание всех гидрологических градиентов (температурных, солевых, газовых и др.).

Температура воды зависит от характера питания реки, климата района, где она протекает, и различных гидрологических особенностей. Крупные реки, текущие в широтном направлении, несут тёплые воды в высокие широты и холодные – в низкие. Так как вода в реках интенсивно перемешивается, её температура в различных участках сечения потока сходна. Сезонные колебания температуры в реках укладываются в амплитуду от 0–30°, суточные достигают 10–20°.

Взвешенные частицы в наибольшем количестве присутствуют в воде, когда скорость её течения велика и ложе состоит из мягких пород. Помимо частиц, взвешенных в воде, река может перемещать по дну более крупный материал – гравий, гальку.

Из отдельных ионов в речной воде преобладают карбонаты. В значительно меньших количествах присутствуют ионы, образующиеся при растворении сульфатов, нитратов, солей фосфоров, кальция, железа, марганца, кремния и др.

Минерализация воды сильно меняется по сезонам года и заметно снижается во время паводков. Содержание биогенных веществ в реках зависит от их характера и сезона года: зимой биогенных веществ в воде больше, чем летом.

Газовый режим рек, когда они не одеты ледяным покровом, обычно благоприятен для жизни. С момента ледостава концентрация кислорода в воде постепенно падает, и её минимум наблюдается перед ледоходом. В реках с высокой окисляемостью воды в зимнее время, когда поступление кислорода из атмосферы практически исключается, газовый режим резко ухудшается, и нередко наблюдаются заморы, т. е. массовая гибель рыбы от удушья в результате кислородного голодания (гипоксии), вызванного недостатком или полным отсутствием растворённого в воде кислорода. Углекислого газа в речной воде летом очень немного, зимой его концентрация заметно возрастает, особенно в реках с высоким содержанием растворенных веществ в воде. Сероводород в речных водах практически отсутствует, если они не загрязнены большим количеством различных бытовых и промышленных стоков.

Главная особенность рек – наличие течения, которое выносит и перемещает частицы ила, детрита (мёртвое органическое вещество) и песка, формирует донные субстраты и перемешивает воду. Как правило, в реках небольшая глубина, достаточно света и кислорода. Река интенсивно взаимодействует с сушей, постоянно смывая и унося с неё почву, детрит, опад и растворимые в воде соли. За-

грязнения воды в реке собираются со всего водосбора (поэтому по состоянию реки можно судить о загрязнителях целого района), но не накапливаются, а постоянно проносятся дальше (в отличие от озёр и прудов [6]).

Особенности самой жизни в реке: мало планктона; он увлекается течением, видоизменяясь по пути. Бентос (совокупность организмов, обитающих на грунте и в грунте дна водоёмов) и макрофиты (сосудистые растения, а так же крупные водоросли и мхи), так или иначе, приспосабливаются к течению и привыкают пользоваться большим количеством растворённого кислорода.

Очень многое зависит от силы течения. Если течение быстрое (порядка 0,5–1 м/с и больше), детрит и ил на дне не задерживается; обнажаются камни и галька (каменистый перекат). Организмы или надёжно прикрепляются к чему-нибудь, или очень хорошо плавают (часто и то, и другое). Существует, впрочем, верхний предел скорости течения (около 3–5 м/с), выше которого сообщество бентоса на камнях практически не развивается. В таких местах лежат лишь огромные и окатанные водой валуны, намертво вросшие в грунт.

При несколько слабом течении отлагается песок – образуются песчаные перекаты. В местах с медленным течением (в плёсах и омутах) взвешенные частицы выпадают в осадок, дно покрывается рыхлыми субстратами. Течение здесь уже не давит, но создаёт некоторое перемешивание воды, насыщая все биотопы кислородом – и жизнь, как правило, весьма богата [7]).

Характеристика района исследования и реки Уязытамак

Туймазинский район находится на западе Башкортостана (рис. 1). Район занимает центральную часть Бугульминско-Белебеевской возвышенности. В нём открыты месторождения нефти, песчаников, гипса, кирпичного сырья, агрономических руд. По западной части терри-

тории района протекает река Ик, по южной река Кидаш, по центральной и северо-западной – река Усень [8]. Район входит в тёплый, засушливый агроклиматический регион. Территория по нижнему течению реки Усень относится к Предуральской степи с типичными чер-

нозёмами, в более приподнятой части имеются значительные площади широколиственных лесов из липы, клёна и

дуба, на юго-востоке островки берёзовых и осиновых лесов.



Рис. 1. Карта-схема Туймазинского района

Туймазинский район находится на западе Башкортостана (рис. 1). Район занимает центральную часть Бугульминско-Белебеевской возвышенности. В нём открыты месторождения нефти, песчаников, гипса, кирпичного сырья, агрономических руд. По западной части территории района протекает река Ик, по южной река Кидаш, по центральной и северо-западной – река Усень [8]. Район входит в тёплый, засушливый агроклиматический регион. Территория по нижнему течению реки Усень относится к Предуральской степи с типичными чернозёмами, в более приподнятой части имеются значительные площади широколиственных лесов из липы, клёна и дуба, на юго-востоке островки берёзо-

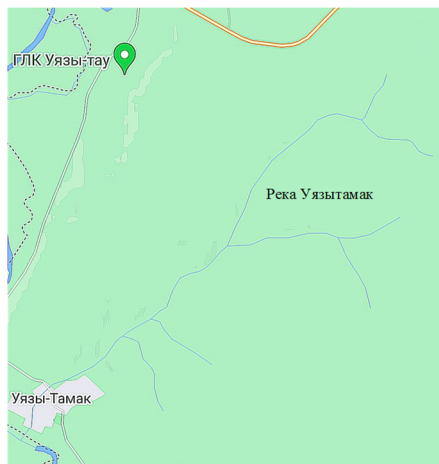


Рис. 2. Карта-схема № 1 реки Узытамак

вых и осиновых лесов.

Река Уязытамак (рис. 2) протекает на территории Туймазинского района Республики Башкортостан. Длина реки составляет 11 км, площадь водосборного

бассейна – 46,5 км². В реке обитают такие рыбы, как ёрш, ручьевая форель, ротан, бычок-подкаменщик, стерлядь и пескари [2].

Отбор проб

Исследования проводились в июне-июле 2021 года. Пробы были собраны с реки Уязы-Тамак Туймазинского района Республики Башкортостан. Всего с трёх точек (рис. 3) было взято 6 проб. Отборы проб бентоса проводили с помощью гидробиологического скребка диаметром 35 см (рис. 4).

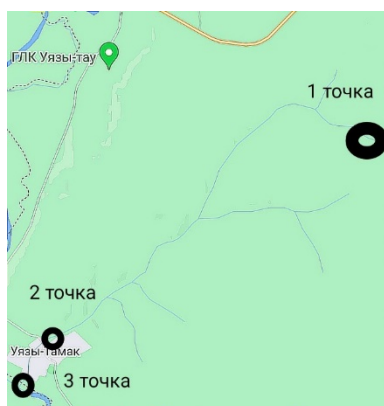


Рис. 3. Точки отбора проб макрозообентоса

Отобранный грунт промывался в сите. Выборка организмов производилась пинцетом. Макрозообентос складывался в банки и фиксировался 70%-ным этиловым спиртом. Отобранный материал немедленно подписывался. При изучении бентоса отмечались следующие гидроло-



Рис. 4. Сбор макрозообентоса

гические параметры: скорость течения воды измеряли поплавковым способом [9]; температуру воды измеряли водным поверхностным термометром; прозрачность определяли с помощью диска Секки; глубину, тип грунта – визуально. Все данные были занесены в табл. 1.

Табл. 1. Характеристика точек отбора проб

Точка	Тип грунта	Глубина (см)	Температура (°C)	Прозрачность	Скорость течения (м/с)
1	Илистый	35	10	100%	0,31
2	Песчано-каменистый	40	14	100%	0,28
3	Песчано-илистый	50	18	100%	0,18

Таксономический состав макрозообентоса реки Уязытамак

Определение беспозвоночных проводилось по определителю пресноводных беспозвоночных [10] при помощи лупы и микроскопа (рис. 5). Было найдено 17 видов из 8 семейств из трёх классов и двух типов (табл. 2).

Соотношение семейств по количеству видов приведено на рис. 6. Семейство катушки представлено наибольшим количеством видов.

Количество видов на точках исследования изменялось от 5 до 8. Наименьшее количество видов было выявлено в точке № 3, заложенной ближе к устью впадения реки в реку Ик. В этой точке, по-видимому, отражается суммарный эффект антропогенного воздействия на всю экосистему реки, так как обычно к устьевой области происходит смыв загрязняющих веществ, которые попали в реку выше по течению. Загрязняющие вещества накапливаются обычно в устьевой области реки, где замедляется скорость течения.

Наибольшее количество видов было определено на первой точке – 8 видов. Эта точка является ближайшей к истоку реки. Здесь река отличается высокой скоростью течения, протекает по лесистой местности. Встречаются представители брюхоногих, двустворчатых моллюсков, а также кольчатых червей.



Рис. 5. Определение беспозвоночных

Табл. 2. Таксономический состав реки

№ п/п	Номер точки	Систематика определяемого вида	Определяемый вид и его систематические признаки
1	1	Тип кольчатые черви Класс Поясковые черви Семейство дождевые черви	Аллолобофора серая (Allolobophora caliginosa), 10 мм
2	1	Тип моллюски Класс Брюхоногие Семейство катушки	Катушка завёрнутая (Anisus vortex)
3	1	Тип моллюски Класс Брюхоногие Семейство катушки	Катушка окаймлённая (Planorbis)
4	1	Тип моллюски Класс Брюхоногие Семейство физиды	Физа пузырчатая (Physa fontinalis)
5	1	Тип моллюски Класс Двустворчатые моллюски Семейство шаровки	Горошинка речная (Pisidium)
6	1	Тип кольчатые черви Класс Поясковые черви Семейство рыба пиявка	Обыкновенная рыба пиявка (Piscicolidae)

7	1	Тип кольчатые черви Класс Поясковые черви Семейство наидиды	Трубочник обыкновенный (<i>Tubifex tubifex</i>), 5 мм
8	1	Тип моллюски, Класс Брюхоногие Семейство битинии	Битиния трошеля (<i>Bithynia troschelii</i>)
9	2	Тип моллюски Класс Двустворчатые моллюски Семейство шаровки	Горошинка речная (<i>Pisidium</i>), длина 5 мм, ширина 5 мм, вер- шина створок раковины сдви- нута в сторону, размеры до 11 мм
10	2	Тип моллюски Класс Брюхоногие моллюски Семейство битинии	Улитка башневидная горная (<i>Ena montana</i>), 10–11 мм, рако- вина до 12 мм, 5 оборотов
11	2	Тип моллюски Класс Брюхоногие моллюски Семейство катушки	Катушка-завиток (<i>Anisus spirorbis</i>), диаметр 6 мм
12	2	Тип моллюски Класс Брюхоногие моллюски Семейство катушки	Катушка-завиток (<i>Hippeutis</i>), диаметр 3 мм
13	2	Тип моллюски Класс Брюхоногие Семейство прудовики	Прудовик ушковый (<i>Radix auricularia</i>), диаметр 13 мм, вы- сота 2–3 мм
14	2	Тип кольчатые черви Класс Поясковые черви Семейство наидиды	Трубочник обыкновенный (<i>Tubifex tubifex</i>), 5 мм
15	2	Тип кольчатые черви Класс Поясковые черви Семейство рыба пиявка	Обыкновенная рыба пиявка (<i>Piscicolidae</i>)
16	3	Тип моллюски Класс Брюхоногие Семейство прудовики	Прудовик овальный (<i>Lymnaea ovata</i>)
17	3	Тип моллюски Класс Брюхоногие Семейство физиды	Физелла красная (<i>Physella interga</i>)
18	3	Тип моллюски Класс Брюхоногие Семейство катушки	Катушка завёрнутая (<i>Anisus vortex</i>)
19	3	Тип кольчатые черви Класс Поясковые черви Семейство наидиды	Трубочник обыкновенный (<i>Tubifex tubifex</i>), 5 мм
20	3	Тип кольчатые черви Класс Поясковые черви Семейство рыба пиявка	Обыкновенная рыба пиявка (<i>Piscicolidae</i>), 10 мм

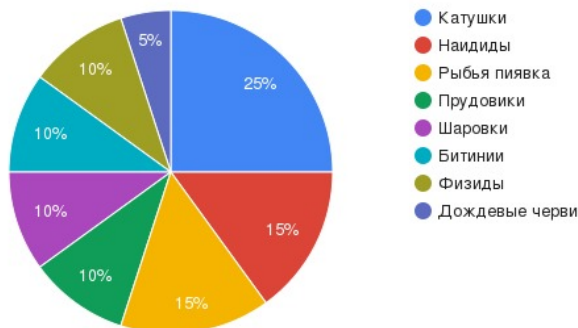


Рис. 6. Соотношение семейств по количеству видов

Количественные показатели макрозообентоса

Качественное и количественное разнообразие донной фауны зависит от типа грунта, содержания детрита в грунте, скорости течения, развития водных растений (макрофитов) и от колебания показателей личинок амфибиотических насекомых – поденок, веснянок, ручейников, двукрылых.

Мы произвели расчёты количества экземпляров организмов макрозообентоса на 1 м^2 (плотность). Наибольшая плотность организмов наблюдается на точке № 3 – $486,2 \text{ экз./м}^2$. Медленное течение, антропогенное воздействие способствуют массовому развитию олигохет. Наименьшая плотность макрозообентоса была зарегистрирована на точке № 1 – $128,3 \text{ экз./м}^2$. Это связано с обитанием в данной точке малочисленных крупных организмов (различных моллюсков).

Биоиндикация качества воды

Оценка качества воды проводилась при помощи биоиндикационных индексов. Были рассчитаны индекс Майера (табл. 3) и индекс Вудивисса.

Для определения индекса Майера нужно отметить, какие из приведённых в таблице индикаторных групп обнаружены в пробах. Количество обнаруженных групп из первого раздела таблицы

Биомассу отдельных групп бентоса определяли взвешиванием после обсушивания на фильтровальной бумаге до исчезновения мокрых пятен.

Наибольшая биомасса наблюдается на точке № 2 (3622 мг/м^2). Здесь выловлены крупные брюхоногие моллюски – Улитка башневидная горная, Прудовик ушковый, Катушка завиток. Также высокая биомасса бентоса выявлена на точке № 1 – 1843 мг/м^2 . Это связано с обитанием в данном биотопе крупных многочисленных организмов – дождевые черви, Катушка завернутая, Катушка окаймлённая, двусторчатые мелкие моллюски. Наименьшая биомасса макрозообентоса была выявлена на точке № 3 – 689 мг/м^2 , так как на данной станции были пойманы многочисленные мелкие олигохеты.

необходимо умножить на три, количество групп из второго раздела – на два, а из третьего – на один. Получившиеся цифры складывают. Значение суммы характеризует степень загрязнённости водоёма. Если сумма более 22, вода относится к первому классу качества. Значения суммы от 17 до 21 говорят о втором классе качества (как и в первом случае,

водоём будет охарактеризован как олигосапробный). От 11 до 16 баллов – третий класс качества (бета-мезосапробная

зона). Все значения меньше 11 характеризуют водоём как грязный (альфа-мезосапробный или же полисапробный).

Табл. 3. Индикаторные группы для определения индекса Майера

Обитатели чистых вод	Организмы средней степени чувствительности	Обитатели загрязнённых водоёмов
Нимфы веснянок	Бокоплав	Личинки комаров-звонцов
Нимфы подёнок	Речной рак	Пиявки
Личинки ручейников	Личинки стрекоз	Водяной ослик
Личинки вислокрылок	Личинки комаров-долгоножек	Прудовики
Двустворчатые моллюски	Моллюски-катушки	Личинки мошки
	Моллюски-живородки	Малощетинковые черви

Перечислим, что было найдено в ходе биоиндикации по индексу Майера в первой пробе. Группа первой категории – одна (двустворчатый моллюск) из второй и третьей категорий было найдено также по одной группе. Получается индекс Майера 6 – водоток грязный.

Во второй пробе из первой категории был найден двустворчатый моллюск, из второй – моллюски-катушки, из третьей – пиявки и прудовики. Индекс Майера 7 – водоток грязный/

В третьей пробе не были найдены организмы из первой категории, из второй категории были найдены моллюски-катушки из третьей – пиявки и прудовики.

Получается 4 – водоток грязный.

Итог: самая чистая из изученных – точка 2, самая загрязнённая – 3. К такому же выводу мы приходим, анализируя результаты определения индекса Вудивисса.

В первой и второй точках были найдены индикаторные таксоны, относящиеся к трём категориям. Таким образом, состояние качества воды в них лучше, чем в третьей точке, где вода загрязнённая. Вода в этих точках относится к загрязненному и неблагополучным. Возможное использование: ограниченное рыбоводство, ограниченное орошение.

Меры по улучшению качества воды

Наиболее загрязнённые точки реки – № 1 и № 3.

В районе точки № 1 в пойме реки осуществляется выпас скота, хотя это запрещено в Водном кодексе [11]. Необходимо осуществлять более жёсткий контроль выполнения природоохранного законодательства, проводить регулярные проверки. Также необходимо проинформировать местных жителей и фермеров, что выпас скота в пойме реки противоречит законодательству и просто наносит ощутимый ущерб водной экосистеме. Дело в том, что при выпасе разрушается растительный покров, усиливается эро-

зия почв, экскременты крупного рогатого скота попадают в воду. Всё это приводит к поступлению в воду биогенных веществ – азота и фосфора, что может повлечь за собой эвтрофикацию реки и возможную гибель рыб, в том числе «краснокнижных».

В первой точке необходимо восстановить вытоптанный крупным рогатым скотом растительный покров, это снизит нагрузку на водоток.

В точке 3 необходимо расчистить русло реки от твердых коммунальных отходов, привлечь местных жителей к данной акции. Мы активно участвуем в

природоохранных мероприятиях по очистке рек в составе молодежного движения «Дети рекам». На лето 2023 года

уже запланирована акция по очистке реки, особенно в точке № 3.

Литература

1. Коробкин В.И. Экология: учебник для студентов бакалаврской степени многоуровнего высшего профессионального образования. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. – 611 с.
2. Красная книга Республики Башкортостан: в 2 т. Т. 2: Животные. – Уфа: Информреклама, 2014. – 244 с.
3. Шевченко А.М., Бикинин Р.Ф. Комментарий к разделу «Рыбы» Красной книги Республики Башкортостан (2014). // Редкие и исчезающие виды животных и растений Республики Башкортостан, 2015, № 8, с. 43–47.
4. Восстановление и охрана малых рек. / Ред. Эдельштейн К.К., Сахарова М.И. – М., 1989. – 317 с.
5. Иллиес Й. Ручьи и реки. // Экологические очерки о природе и человеке. /Ред. Гржимек Б. – М.: Прогресс, 1988, с. 371–381.
6. Водогрецкий В.Е. Антропогенное изменение стока малых рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 176 с.
7. Константинов А.С. Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1967. – 431 с.
8. Балков А.В. Водные ресурсы Башкирии. – Уфа: Просвещение, 2008. – 355 с.
9. Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. – М.: Высшая школа, 1960. – 189 с.
10. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Планктон и бентос. / Ред. Кутилова Л.А., Скоробогатов Я.И. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 511 с.
11. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 09.12.2021. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/.
12. Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 218 с.
13. ГОСТ 17.1.387-82 «Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим и микробиологическим показателям». – <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-1-3-07-82>.
14. Природные условия Башкортостана. // Региональный интерактивный энциклопедический портал «Башкортостан». – <http://bashenc.online/ru/articles/50410/>.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 11. Средний Урал и Приуралье. Вып. 1. Кама. / Ред. Николаенко В.В. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 32 с.
16. Шибеева М.Н. Видовой состав зообентоса как показатель состояния малых рек Калининградской области. // Малые реки: Современное экологическое состояние, актуальные проблемы: Тезисы докладов международной научной конференции, Тольятти, 2001, с. 228.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Правило невоспроизводимости Ковыгина – Чирковой. Никогда не пытайтесь повторить удачный эксперимент.



Профильное образование



Дворянинов Сергей Владимирович

Доцент, кандидат физ.-мат. наук, автор статей в журналах «Квант», «Потенциал. Математика, физика, информатика», «Математика для школьников», «Математика в школе», «Математическое образование», «Квантик»

Коварные «проЦенты»

К сожалению, ошибки порой прокрадываются не только в решения задач, но и в их условия. Прежде чем решать задачу, необходимо внимательно прочитать условие и понять, действительно ли оно корректно. Вряд ли школьник может отказаться от решения некорректных задач, как советует автор, но указать на это преподавателю стоит!

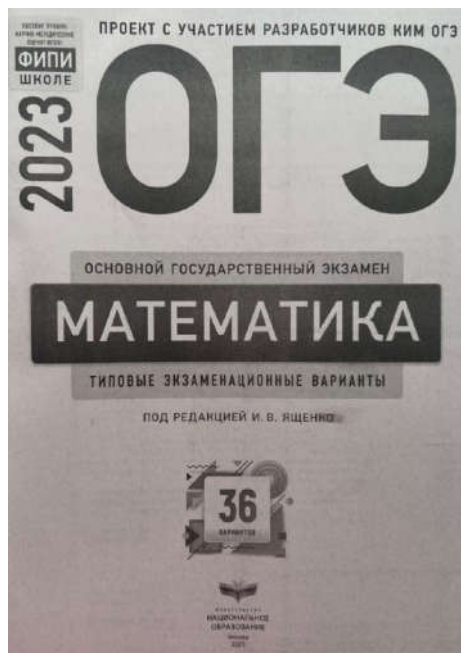
В давние времена среди студентов бытовала задача с таким условием:

Сорок процЕнтов наших доЦентов носят портфели с документами, а 60 процЕнтов оставшихся доцЕнтов – портфели с документами.

Здесь заглавные буквы обозначают ударение в каждом слове. О чём спрашивалось в задаче, сейчас уже забыто. А остались эти строки как шутливое напоминание о правильном ударении в словах.

Нам же этот фольклор вспомнился в связи с задачами из нового сборника для подготовки к ОГЭ «ОГЭ Математика. Типовые экзаменационные варианты под редакцией И.В. Яценко», издательство «Национальное образование», Москва, 2023. Ещё на обложке указано: «Пособие прошло научно-методическую оценку ФГБНУ ФИПИ».

Посмотрим на три задачи из этого сборника.



Задача 1.

На с. 44 находим задачу 21 из второй части варианта 7:

«В сосуд, содержащий 7 литров 26-процентного водного раствора вещества, добавили 6 литров воды. Сколько процентов составляет концентрация получившегося раствора?»

Напомним, что вторая часть включает обычно сложные задачи. На первый взгляд мы имеем обычную и совсем простую задачу на проценты. Находим 26 % от 7 литров, получаем $\frac{7 \text{ л}}{100} \cdot 26 = 1,82 \text{ л}$ вещества. В итоговом растворе $7 + 6 = 13$ литров раствора. Один процент от него – это 0,13 л. Теперь узнаем, сколько раз этот один процент содержится в 1,82 литра. Делим: $1,82 : 0,13 = 14$, то есть четырнадцать раз. Получается, следовательно, 14 %. Наш результат совпадает с ответом, указанным в сборнике. Всё прекрасно.

Задача 2.

Для закрепления навыков работы с процентами на с. 50 находим аналогичную задачу из варианта 8:

«Смешали 7 литров 25-процентного раствора вещества с 8 литрами 10-процентного раствора этого же вещества. Сколько процентов составляет концентрация получившегося раствора?»

Ответ – число 17 – может быть получен в одну строчку:

$$\frac{7 \text{ л} \cdot 0,25 + 8 \text{ л} \cdot 0,10}{7 \text{ л} + 8 \text{ л}} \cdot 100\% = \frac{1,75 \text{ л} + 0,80 \text{ л}}{15 \text{ л}} \cdot 100\% = \frac{255}{15} \% = 17 \%$$

Задача 3.

Вот ещё задача на проценты из варианта 23 на с. 128.

«Имеются два сосуда, содержащие 12 кг и 8 кг раствора кислоты различной концентрации. Если их слить вместе, то получим раствор, содержащий 65 % кислоты. Если же слить равные массы этих растворов, то полученный раствор будет содержать 60 % кислоты. Сколько процентов кислоты содержится во втором растворе?»

Пусть первый раствор содержит x % кислоты, второй – y % кислоты.

Второе предложение из условия задачи приводит к уравнению

$$12 \cdot \frac{x}{100} + 8 \cdot \frac{y}{100} = 20 \cdot 0,65,$$

или

$$\begin{aligned} 12x + 8y &= 1300, \\ 3x + 2y &= 325. \end{aligned} \quad (1)$$

Третье предложение из условия задачи при смешивании m кг первого раствора и m кг второго раствора приводит к уравнению

$$m \cdot \frac{x}{100} + m \cdot \frac{y}{100} = 2m \cdot 0,6,$$

или

$$x + y = 120. \quad (2)$$

Из уравнения (2) находим $x = 120 - y$. Подставляя это выражение в уравнение (1), получаем

$$3(120 - y) + 2y = 325.$$

Отсюда находим $y = 35$.

Ответ: 35 %.

А теперь настала пора посмотреть критически на всё то, что написано выше и что вы прочитали. Напомним, что критичность – это одно из свойств мышления и умственной деятельности. Критичность – это способность человека осознавать свои ошибки, умение оценивать свои мысли и мысли других людей, взвешивать все аргументы за и против. Сентябрьским погожим утром, надеясь на ясную погоду, вы вышли из дома без зонта. А в полдень начался дождь, и вы

промокли. Важно осознать, что утром вы поступили опрометчиво, и зонт следовало бы взять. А что же нам говорят в условии первой задачи? В воде растворено некое вещество. Мы установили, что этого вещества ровно 1,82 литра. Стоп! А как обычно измеряют количество вещества? В литрах? А как определяют процентную концентрацию раствора?

В учебнике химии для 8 класса О.С. Габриеляна (издательство «Дрофа», 2009) на с. 125 написано:

«Отношение массы растворённого вещества к общей массе раствора называют **массовой долей растворённого вещества**».

Там же даны два примера, и в обоих говорится именно о массе.

Далее на с. 126 читаем про объёмную долю:

«Аналогично массовой доле определяется и объёмная доля газообразного вещества в газовой смеси, обозначаемая греческой буквой ϕ («фи»)».

Единицы объёма (литры и кубические метры) использованы в учебнике в двух примерах при описании именно *газовых* смесей.

У нас же в задаче речь идёт о 26-процентном *водном* растворе, например, соли или сахара. Количество соли и сахара в точных расчётах никогда не ука-

зывают в объёмных единицах. Это только в поваренных книгах читаем: *возьмите ложку соли*. А математика – наука точная!

Как можно получить 26-процентный раствор – известно. Берем 26 г соли и 74 грамма воды, или 26 кг соли и 74 кг воды. Можно взять 2,6 кг соли и 7,4 кг воды. По условию задачи такого раствора имеется 7 литров. Поскольку мы не знаем плотность раствора, то не знаем его массу и не можем узнать массу растворённой в нём соли.

А какой смысл имеет используемое нами в решении равенство $7 + 6 = 13$, отнесённое к литрам? Никакого смысла это равенство не имеет! Объём смеси не равен сумме объёмов смешиваемых растворов. Это всё равно, что складывать 5 яблок и 4 груши. Нет закона сохранения объёма при смешивании двух разных растворов. Об этом ещё Д.И. Менделеев писал в своей магистерской диссертации 160 лет назад.

Следовательно, задачи 1 и 2 сформулированы некорректно, и решить их невозможно. А вот если в их условиях везде литры заменить килограммами, то задачи станут правильными и в смысле математики, и в смысле химии.

В рассказе А.П. Чехова «Жалобная книга» есть строчка: «Кто писал, не знаю, а я дурак читаю». Волей-неволей она вспоминается при чтении задач 1 и 2. Отсюда вывод: будьте бдительны! Не решайте дефектные задачи!

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Магний

Мне нравится магний, так как он является примером того, что при определённых внутренних качествах (в данном случае имеются в виду химические свойства металла) можно загореться так, чтобы тебя никто не смог потушить. Магний не могут потушить ни вода, ни песок, ни углекислотный огнетушитель, ни CCl_4 , он просто прореагирует с ними экзотермически! Вот это целеустремлённость! Нам всем иногда надо равняться на магний (но не всегда, перегорать людям вредно), чтобы ничто не смогло затушить огонь в душе, который побуждает нас идти к намеченной цели.

Андрей К.

**Загорский Вячеслав Викторович**

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

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.



Некорректные тесты

Хорошо решать задачи, которые правильно сформулированы. А что делать, если условие исключает возможность дать однозначно верный ответ? Особенно если вы решаете тесты и не можете изложить логику своих рассуждений...

Задания для конкурсных вступительных экзаменов в вузы готовятся обычно в условиях «повышенной секретности». При этом отсутствует многократная перепроверка условий и авторских решений, и даже достаточно квалифицированные преподаватели могут совершать ошибки, которые достаются затем абитуриентам. Особенно сложным случаем является встреча достаточно подготовленного абитуриента с некорректной задачей¹.

Введение ЕГЭ в 2000-х гг. усугубило проблему, ведь в заданиях тестового типа проверяется только ответ, а не логика решения и аргументы. При использовании автоматической проверки заве-

домо химически правильное решение может быть оценено в 0 баллов, поскольку цифры ответа не совпадают с ключом.

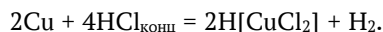
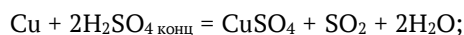
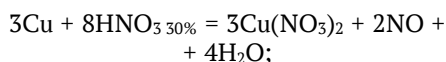
Дело в том, что в химии довольно много неоднозначности. Реакции часто идут не совсем так, как пишутся; химические свойства многих веществ существенно меняются в зависимости от условий. Недаром во вступительном экзамене на химфак МГУ использовались задания типа «Обсудите возможность взаимодействия между <...>». Напишите уравнения возможных реакций, укажите условия, в которых они протекают. Если реакции могут приводить к различным веществам, укажите, в чем состоит раз-

¹ Загорский В.В. Некорректные конкурсные задачи. // Химия и жизнь, 1994, № 10, с. 64-66.

личие в условиях проведения этих процессов». Подобные задания невозможно перевести в тестовый формат, предполагающий единственно верные ответы без рассуждений и оговорок. Особенно это касается тестов типа А (выбор одного ответа из четырёх), теперь, к счастью, исключенных из экзамена.

По той же причине ответ учащегося может сильно зависеть от глубины его знаний. В учебнике базового уровня дается весьма упрощённое представление о веществах и процессах, на профильном уровне ситуация часто выглядит по-другому, а если школьник читал специальную литературу, у него может сформироваться иной взгляд на тот же вопрос. Очевидно, что формализованный экзамен не позволит выявить, чем обусловлен неправильный, с точки зрения авторов заданий, ответ: тем, что школьник

знает химию плохо, или, наоборот, слишком хорошо. В первые годы внедрения ЕГЭ мы были в шоке от вопроса типа А: «С чем может взаимодействовать медь?», в качестве ответов к которому предлагались HNO_3 , H_2SO_4 , HCl и H_2O . Тщетно искали частицу «не»: здесь же три правильных ответа, а не один! Медь взаимодействует и с азотной кислотой, начиная с концентрации примерно 30%, и с концентрированной серной кислотой при нагревании, и с концентрированной соляной кислотой при нагревании за счёт образования устойчивого комплексного иона:



Взаимодействие меди с 30% HNO_3 , концентрированными H_2SO_4 и HCl (слева направо)

Надо отдать должное составителям ЕГЭ по химии: экзамен развивается. Его формат совершенствуется: удалены тесты типа А в пользу гораздо более осмысленных тестов типа В (с выбором нескольких ответов, установлением соответствия или кратким численным ответом; сейчас это – задания части 1), больше внимания уделяется заданиям с ручной проверкой (часть 2), которые в последние годы стали совсем похожи на задачи ДВИ. Улучшается подход к подбору заданий: доля задач с некорректным условием неуклонно снижалась и довольно давно держится на низком

уровне, сравнимым с обычной частотой некорректных задач вузовских экзаменов. Заданий с неоднозначными ответами стараются избегать либо (в части 2) предусматривают несколько возможных вариантов.

Тем не менее мы хотим привести несколько примеров некорректных заданий, в том числе тестов старого формата – не как упрек нынешним составителям, которые добились хорошего качества комплектов, а как предупреждение школьникам о том, с чем можно случайно столкнуться и к чему следует быть морально готовыми.

Сначала несколько тестов типа А (2001 год).

Наиболее выражены металлические свойства у атома: 1) лития; 2) натрия; 3) калия; 4) кальция.

Отдельные атомы не обладают «металлическими» свойствами, даже наночастицы, состоящие из сотен атомов, сильно отличаются по химическим и физическим свойствам от металла из тех же атомов². Лёгкость удаления электрона для атома определяется потенциалом ионизации, а для вещества – работой выхода электрона, и это разные величины.

Но, допустим, данный оборот можно с натяжкой отнести к несовершенству стиля. Есть более принципиальный момент: чем школьнику пользоваться при ответе на этот вопрос – таблицей Менделеева или рядом стандартных окислительно-восстановительных потенциалов? Если первое, то самым типичным будет металл, атомы которого имеют наибольший радиус – калий. А если второе, то литий находится в ряду напряжений левее, его окислительно-восстановительный потенциал ниже, а ведь именно по потенциалу мы судим, насколько легко отдает электроны данное вещество. Поэтому с такой точки зрения у лития сильнее выражены металлические свойства.

Какой ответ выбрать? Предполагаем, что автор имел в виду самую базовую ситуацию: изолированные атомы в газовой фазе. Тогда всё определяется потенциалом ионизации, а он, в свою очередь – радиусом атома. Ответ: 3.

Слабый электролит: 1) BaSO_4 ; 2) HCl ; 3) CH_3OH ; 4) CH_3COOH .

Если руководствоваться константами диссоциации, то слабых электролитов здесь два: метанол ($K_a = 1 \cdot 10^{-16}$) и уксусная кислота ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$). Константа диссоциации метанола на два порядка

меньше, чем у воды, но в определениях не установлена чёткая граница между слабыми электролитами и неэлектролитами. Кроме того, в этом же варианте (в задаче В5) этиловый спирт надо рассматривать как кислоту, а кислоты – электролиты, дающие при диссоциации катионы только вида H^+ .

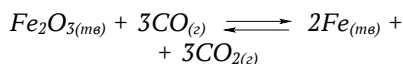
Что же делать? Способ решения стандартный – вспоминаем, что диссоциация более слабых электролитов, чем вода, в водном растворе подавлена. Видимо, в условии пропущено упоминание о водном растворе. Таким образом, выбираем ответ 4.

Некоторые школьники выбирали сульфат бария, обосновывая это тем, что данная соль в расплаве диссоциирует, а в воде плохо растворяется, поэтому там будет мало ионов. Но этот ответ совсем неверен. Соль может быть плохо растворима, но её диссоциация в растворе идет нацело, и соли являются сильными электролитами.

Какой из ионов определяет реакцию среды в растворе карбоната натрия: 1) H^+ ; 2) HCO_3^- ; 3) CO_3^{2-} ; 4) OH^- .

А это задача, решить которую невозможно, не зная хода мыслей автора. «Реакция» в смысле pH определяется, конечно, концентрацией H^+ . Гидролизу подвергается карбонат-ион, поэтому именно его наличие в системе диктует определённую среду раствора. Также можно счесть, что автор имел в виду «щелочную реакцию», возникающую в результате гидролиза. Что выберем?

Для химического процесса



укажите: во сколько раз увеличится скорость прямой реакции при увеличении концентрации CO в 2 раза? 1) в 2; 2) в 4; 3) в 8; 4) в 16.

² См., например: М.В. Астахов. Наночастицы и наноматериалы. // Современное естествознание: Энциклопедия: В 10 т. – М.: Флинта: Наука, 1999-2000, Т.1.

По сравнению с предыдущей задачей эта решается однозначно: «правильный» ответ 3 вполне предсказуем. Учащиеся, не читавшие ничего, кроме школьного учебника, порой даже спрашивают: «А что тут не так?» Увы: ученикам СУНЦ, выбравшим данный ответ, мы должны ставить «незачёт» по курсу физической химии за то, что они считают элементарной гетерогенную реакцию с третьим порядком по газу. Кинетическое уравнение для такой реакции не совпадает с уравнением реакции, и точный ответ в рамках заданного условия отсутствует.

При взаимодействии 2-метилпропаналя с аммиачным раствором оксида серебра образуется: 1) 2-метилпропановая кислота; 2) 2-метилпропанол-1;

Установите соответствие между реагирующими веществами и органическим продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ОРГАНИЧЕСКИЙ ПРОДУКТ РЕАКЦИИ
А) ацетальдегид и оксид серебра (аммиачный раствор)	1) C_2H_5COOH
Б) ацетальдегид и водород	2) C_2H_5OH
В) уксусная кислота и карбонат аммония	3) CH_3COOH
Г) ацетальдегид и перманганат калия (подкисленный раствор)	4) CH_3COONH_4
	5) CH_3COOAg
	6) C_2H_6

К пункту А правильный ответ – 4. А ответ 3 соответствует пункту Г, где используется кислая среда.

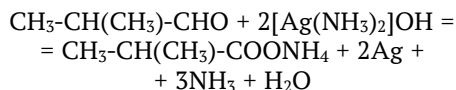
Однако другая реакция окисления альдегидов – с гидроксидом меди (II) при нагревании – всё ещё часто используется некорректно. Проблема в том, что в большинстве школьных учебников реакция записывается с образованием кислоты:



При этом авторов не смущает, что

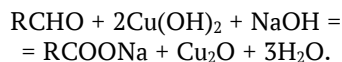
3) бутановая кислота; 4) бутиловый спирт.

Составим уравнение взаимодействия 2-метилпропаналя с гидроксидом диамина серебра (именно так называется вещество, присутствующее в аммиачном растворе оксида серебра):



и убедимся, что среди перечисленных веществ нет продукта этой реакции. Повидимому, автор имел в виду ответ 1. Но реакция идет в щелочной среде, и образование свободной кислоты здесь исключено. Радует, что сейчас на это обращают внимание – так, в задании 2017 г. предлагается сделать выбор между кислотой и солью:

один из реагентов – основание, и образование кислоты в этой системе весьма сомнительно. В реальности процесс протекает в избытке щёлочи, и продуктом является соль:



Задания ЕГЭ в этом смысле порой демонстрируют прогрессивную эволюцию – так, в 2016 г. в качестве правильного ответа к пункту А подразумевалась соль (ответ 2):

Установите соответствие между реагирующими веществами и органическим продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ОРГАНИЧЕСКИЙ ПРОДУКТ РЕАКЦИИ
А) пропаналь и гидроксид меди (II) (в растворе NaOH)	1) C_2H_5COOH
Б) пропаналь и перманганат калия (в сернокислом растворе)	2) C_2H_5COONa
В) пропаналь и водород	3) $C_2H_5CH_2OH$
Г) пропаналь и бромная вода	4) $C_2H_5CH_2ONa$
	5) $CH_3CH(OH)CH_3$
	6) $C_2H_5CHBr_2$

Обратите внимание, что в пункте А специально прописана среда. Вдруг у школьника был не тот учебник?

Однако в демоверсии 2023 г. снова

откат назад – продуктом окисления муравьиного альдегида называется углекислый газ (пункту В соответствует ответ б):

Установите соответствие между реагирующими веществами и органическим продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) уксусная кислота и сульфид натрия	1) пропионат натрия
Б) муравьиная кислота и гидроксид натрия	2) этилат натрия
В) муравьиный альдегид и гидроксид меди (II) (при нагревании)	3) формиат меди (II)
Г) этанол и натрий	4) формиат натрия
	5) ацетат натрия
	6) углекислый газ

К сожалению, углекислый газ в этой реакции не образуется, что легко проверить экспериментально: пузыри не выделяются вплоть до начала кипения раствора. Без избытка щёлочи реакция про-

сто не пойдёт, а в избытке щёлочи будет соль (как минимум гидрокарбонат, а то и карбонат).

Всем успехов в подготовке к экзаменам!

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Закон Крыльского. Вещество, которое легко синтезируется – плохо кристаллизуется.

Следствие. Вещество, которое трудно синтезируется – кристаллизуется ещё хуже.



Эксперимент



Бурундуков Назар Сергеевич

Ученик 11 В класса ГБОУ Самарской области «Гимназия № 1 (Базовая школа РАН)»

Абдильмянов Алексей Рафикович

Научный руководитель работы.

Доцент кафедры неорганической химии ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», к. х. н.

Исследование скорости ферментативного расщепления жиров

Исследованием скоростей химических реакций занимается специальный раздел химии – химическая кинетика. Почему это так важно? На основании получаемых данных делаются выводы о механизме реакций. Представляем пример эксперимента по изучению скорости ферментативного процесса.

Все мы знаем, что основными компонентами пищи являются белки, жиры и углеводы. Авторы многих диет, рекомендующих «здоровое питание» в стремлении к снижению веса, предлагают прежде всего минимизировать потребление жиров, а зачастую вовсе исключить их из рациона. Это может нанести организму существенный вред.

Жиры служат наиболее концентрированными источниками энергии. За счёт жиров обеспечивается около 80 % энергетических запасов в организме человека. Жиры являются источником питательных веществ – жирных кислот, жирорастворимых витаминов, фосфолипидов. Жирные кислоты делятся на насыщенные, ненасыщенные и полиненасыщенные. Некоторые ненасыщенные жирные кислоты иначе называют незаменимыми (эссенциальными), поскольку они не могут синтезироваться в

организме и являются предшественниками местных гормонов – простагландинов. Они обуславливают жидкое состояние липидов клеток, а также предотвращают развитие атеросклероза, т. к. препятствуют отложению холестерина и других липидов в стенках сосудов.

Наиболее широко распространены жирными кислотами, входящими в состав триацилглицеридов, являются:

- пальмитиновая $C_{15}H_{31}COOH$ (16 : 0);
- стеариновая $C_{17}H_{35}COOH$ (18 : 0);
- олеиновая $C_{17}H_{33}COOH$ (18 : 1);
- линолевая $C_{17}H_{31}COOH$ (18 : 2);
- линоленовая $C_{17}H_{29}COOH$ (18 : 3);
- арахидоновая $C_{19}H_{31}COOH$ (20 : 4)

(первая цифра обозначает число атомов углерода, вторая – число двойных связей).

Одними из самых востребованных продуктов питания в качестве источника жиров можно считать подсолнечное и

оливковое масла.

Среднее содержание жирных кислот в подсолнечном масле (в %): стеариновая 1,6–4,6, пальмитиновая 3,5–6,4, миристиновая до 0,1, арахидовая 0,7–0,9, олеиновая 24–40, линолевая 46–62, линоленовая до 1. Средняя молекулярная масса жирных кислот 275–286 а. е. м. Из полиненасыщенных жирных кислот в подсолнечном масле содержится всего лишь 1 % кислот «омега-3» [1], а преобладают омега-6-ненасыщенные жирные кислоты.

Оливковое масло на 55–83 % состоит из олеиновой кислоты, которую еще называют омега-9, на 3,5–21 % – из линолевой кислоты и на 7,5–20 % – из пальмитиновой. Кроме того, оно содержит стеариновую кислоту, полифенолы, витамины А, Е, D, К [1]. Доля ненасыщенных жирных кислот составляет в оливковом масле 70–80 % от общего количества всех кислот.

Переваривание жиров – это ферментативный гидролиз, который происходит в двенадцатиперстной кишке и тонком кишечнике под влиянием ферментов (в основном липаз), содержащихся в секрете поджелудочной железы и кишечных желез.

Возникает вопрос, различается ли скорость переваривания различных жиров. Мы решили проверить это экспериментально.

В основе сравнительного анализа скорости ферментативного расщепления жиров лежит моделирование процесса переваривания жиров (под действием липазы) с последующим титрованием продуктов гидролиза.

Для исследования скорости расщепления растительных жиров мы взяли по 6,25 мл оливкового и подсолнечного (рафинированного и дезодорированного) масла. К образцам добавляли 5 мл желчи (в качестве эмульгатора) и разбавляли дистиллированной водой до получения 50 мл смеси. Полученные смеси нагрели

до 37 °С при постоянном перемешивании на магнитной мешалке для образования эмульсии. Затем добавляли в каждую смесь по 100 мг панкреатина, в составе которого содержится липаза – фермент для переваривания жиров. Сразу измеряли исходный pH дисперсионной среды эмульсий: в эмульсии оливкового масла – 8, в эмульсии подсолнечного масла – 8,44. В течение 1,5 часов из полученных эмульсий отбирали по 10 мл и титровали 0,05 н раствором NaOH с опущенным в аликвоту электродом pH-метра. Объем щелочи, израсходованной на нейтрализацию выделившихся жирных кислот, определяли по достижению исходного значения pH исследуемой эмульсии.

Константы скорости для каждого момента времени вычисляли по формуле:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{b_{\max} - b_1}{b_{\max} - b_i}$$

и затем находили среднее значение. Здесь t – время от начала реакции, мин; $b_{\max}$ – объем раствора NaOH, израсходованный на титрование последней пробы, мл; b_1 – объем раствора NaOH, израсходованный на титрование первой пробы, мл; b_i – объем раствора NaOH, израсходованный на титрование пробы, взятой в момент времени t .

На нейтрализацию жирных кислот, образованных через 15 минут после начала гидролиза подсолнечного масла, потребовалось 6,6 мл 0,05 н NaOH. В то время как на кислоты, полученные через 15 минут после начала разложения оливкового масла, потребовалось 2,6 мл 0,05 н NaOH.

Результаты приведены в табл. 1 и 2.

Постепенный ход реакции расщепления жиров липазой можно видеть на рис. 1, который показывает, что можно хорошо определять действие липазы на жиры, производя титрование отдельных порций смеси через каждые 15–30 мин.



Табл. 1. Результаты эксперимента и расчёта констант скорости реакции гидролиза оливкового масла

Время, мин	V_{NaOH} , мл	$\ln(b_{\text{max}} - b_i)$	k , мин^{-1}
15	2,6	1,16315	0
30	4,1	0,530628	0,021084
35	4,6	0,182321	0,028023
40	4,9	-0,105361	0,031713
45	5,2	-0,510826	0,037199
50	5,5	-1,203973	0,047342

Среднее значение $k = 0,033073 \text{ мин}^{-1}$.

Табл. 2. Результаты эксперимента и расчёта констант скорости реакции гидролиза подсолнечного масла (рафинированного, дезодорированного)

Время, мин	V_{NaOH} , мл	$\ln(b_{\text{max}} - b_i)$	k , мин^{-1}
15	6,6	1,029619	0
30	7,9	0,405465	0,020805
35	8,3	0,095311	0,026695
40	8,7	-0,356675	0,034657
45	8,9	-0,6931472	0,0382837
50	9	-0,91629073	0,0389182

Среднее значение $k = 0,0318718 \text{ мин}^{-1}$.

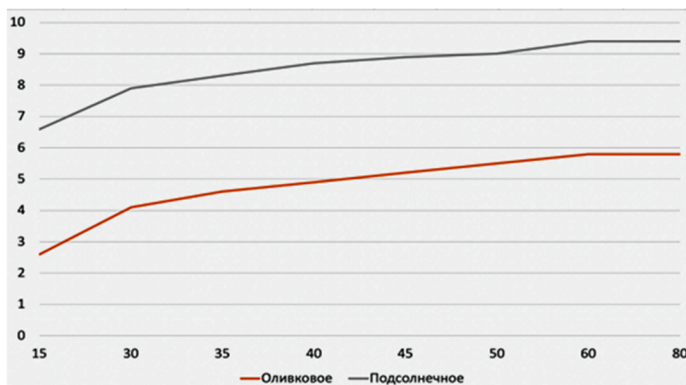


Рис. 1. Зависимость объёма израсходованной щёлочи (мл) от времени (мин)

Постепенный ход реакции расщепления жиров липазой можно видеть на рис. 1, который показывает, что можно хорошо определять действие липазы на жиры, производя титрование отдельных порций смеси через каждые 15–30 мин.

Гидролиз обоих образцов закончился в течение часа. Средняя константа скорости реакции в промежутке с 30 до 60 минут составила $\approx 0,03 \text{ мин}^{-1}$ как для оливкового, так и для подсолнечного масел. Можно сделать вывод, что подсолнечное масло начинает гидролизываться

в первые же минуты взаимодействия с липазой. Начальная скорость разложения подсолнечного масла гораздо больше оливкового. Примерно через 20 минут скорости реакций разложения обоих масел выравниваются.

Из-за повышенного pH исходной эмульсии подсолнечного масла (pH = 8,44) наряду с ферментативным гидролизом мог пойти конкурирующий щелочной гидролиз сложноэфирных группировок по «тетраэдрическому механизму» (рис. 2).

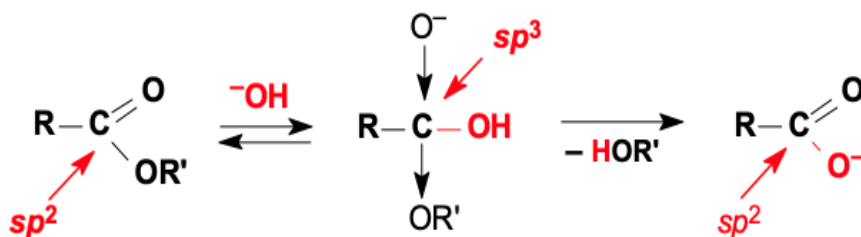


Рис. 2. Механизм щелочного гидролиза

В составе подсолнечного масла содержится гораздо большее количество полиненасыщенных кислот (с несколькими кратными связями в углеродном скелете). Атомы углерода при кратных связях обладают повышенной электроотрицательностью, в результате чего такие углеводородные заместители полиненасыщенных кислот обладают меньшим положительным индуктивным эффектом по отношению к сложноэфирной группировке по сравнению с углеводородными группами мононенасыщенных кислот. Благодаря этому на атоме углерода сложноэфирной группы образуется

более значительный положительный заряд, что облегчает его атаку нуклеофилом, а, следовательно, ускоряет щелочной гидролиз.

В желудке человека содержится желудочный сок, в составе которого содержится 0,3–0,5 % соляной кислоты. Можно предполагать, что в этих условиях для эфиров полиненасыщенных кислот, наряду с ферментативным, может идти конкурирующий процесс кислотного гидролиза, который тоже облегчается при наличии более высокого положительного заряда на сложноэфирном атоме углерода.

Литература

1. Арутюнян Н.С., Корнена Е.П., Янова Л.И. и др. Технология переработки жиров: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по спец. «Технология жиров». – М.: Пищепромиздат, 1998. – 456 с.
2. Лейдерман И.Н., Гирш А.О., Евсеев М.А. Жировые эмульсии для парентерального питания в хирургии и интенсивной терапии. – СПб.: ПремиумПресс, 2013. – 148 с.
3. Емельянов В.В., Максимова Н.Е., Мочульская Н.Н. Биохимия. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 132 с.
4. Подсолнечник. / Ред. акад. Пустовойт В.С. – М.: Колос, 1975. – 591 с.



Хочу быть



Близнин Андрей Алексеевич

Студент 1 курса химического факультета МГУ

ПАО «Метафракс» и отец ряда спиртов

Химия – это не только уравнения реакций и колбы с пробирками. Это многотоннажные производства, где реакции протекают в гигантских масштабах, чудеса инженерной мысли и логистики. Читаем рассказ о производстве метанола – первого члена ряда спиртов.

На территории нашей страны находится огромное число заводов, которые специализируются на производстве разнообразных химических веществ. Одним из крупнейших предприятий является завод ПАО «Метафракс», построенный за 200 километров от столицы Пермского края (Губахинский городской округ). Мои бабушка и дедушка работали в цехах «Метафракса». Бабушка была инженером-конструктором, занималась проектированием различных аппаратов и труб, а дедушка, электрик шестого разряда, смотрел за различным оборудованием. Именно поэтому я решил рассказать про градообразующее предприятие моей родной Губахи.

МЕТанол, Амины, ФоРмАлин, Карбамидоформальдегидные Смолы – в названии зашифрованы главные продукты на момент основания компании. В конце 2018 года доля производимого заводом метанола на российском рынке составляла

19 %, формалина – 54 %, полиамида – 36 %, карбамидоформальдегидного концентрата – 54 %, а уротропина и пентаэритрита – 100 % (т. е. завод был единственным их производителем в России!).

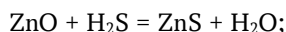


Рис. 1. Металлическая модель молекулы метанола, установленная в парке им. Ю.А. Гагарина (г. Губаха. Пермский край) (https://static.ngs.ru/news/99/pre-view/f9be790ef72ac97963726fe09cc3f74a0b2f2d7a_9999.jpg)

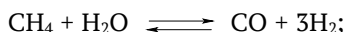
Хотя производство уротропина и пентаэритрита имеет больший успех, метанолу CH_3OH уделяется особое внимание, ведь все остальные продукты – это его производные (рис. 1). Рассмотрим получение метанола в промышленных масштабах в общих чертах.

Сырьём является природный газ. Процесс можно разделить на 4 основных этапа:

1) десульфуризация природного газа (удаление серосодержащих соединений с помощью оксида цинка):



2) конверсия природного газа в синтез-газ, т. е. смесь угарного газа и водорода (используется никелевый катализатор, температура около 1000°C и давление порядка 2 МПа):



3) каталитический синтез метанола из синтез-газа – получение метанола-сырца (катализатор на основе CuO/ZnO при температуре около $250\text{--}300^\circ\text{C}$ и давлении 5–10 МПа, для увеличения выхода применяется принцип циркуляции):



4) ректификация (отделение метанола от примесей, образовавшихся на предыдущей стадии).

Уравнения реакций выглядят довольно просто, но в реальном производстве используется множество аппаратов, тщательный подбор условий и разные ухищрения. Принципиальная схема третьего и четвертого этапов показана на рис. 2.

Синтез газ, полученный на втором этапе, поступает в скруббер 1, где происходит его мокрая очистка от пыли, летучих оксидов, связываемых водой, и т.п. Затем в адсорбере 2 адсорбируются примеси, не поглотившиеся в предыдущем аппарате. В колонне синтеза 4 очищенный синтез-газ частично превращается в метанол. Непрореагировавшая смесь подается снова в очистительную систему (I) – замыкается цикл (в этом и состоит принцип циркуляции). Так называемый метанол-сырец поступает (IV) в ректификационные колонны 7 и 8, где отделяются побочные продукты синтеза (V, VII) – диметиловый эфир и высшие спирты.

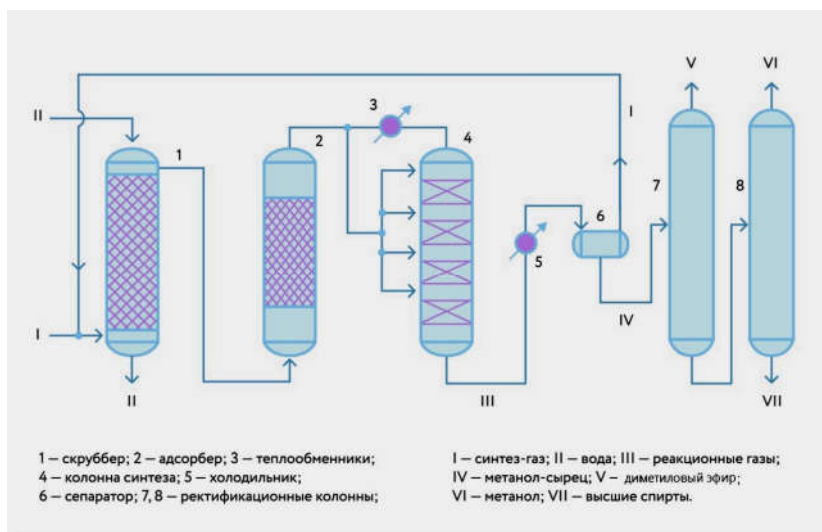
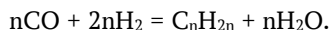


Рис. 2. Схема синтеза метанола (основные аппараты)

Но стоит помнить, что в других условиях и с другими катализаторами синтез-газ может превращаться в иные соединения, а не только в метанол. Например, в уже упомянутые высшие спирты, формальдегид... С помощью катализатора на основе рутения или кобальта при давлении выше 1 атм и температурах 190–240 °С из синтез-газа можно получить смесь высших углеводородов, используемых как смазочные масла или топливо (процесс Фишера – Тропша):



В последнее время разрабатываются установки, способные использовать энергию, выделяющуюся в реакции получения метанола, для увеличения выхода синтез-газа (в процессе его образования из природного газа энергия, наоборот, поглощается). Это позволит экономить энергию и сократить денежные траты.

Да, метанол получили, а дальше что? А вот что. Это соединение успешно используется в качестве топлива, растворителя и реагента в органическом синтезе, химической технологии многих органи-

ческих веществ (формальдегид, уротропин, пентаэритрит, параформ), которые далее могут быть полезны в медицине, сельском хозяйстве и даже для туристов (уротропин иногда применяется как сухое горючее)!

В общем, соединение полезное, однако стоит помнить, что метанол (как и многие другие продукты ПАО «Метафракс»), очень ядовит для человека, поэтому искупаться в бассейне CH_3OH , попивая формалин из красивого бокала, получится только один раз. К счастью, на «Метафраксе» установлены хорошие системы очистки воздуха от посторонних загрязнений, а также у завода есть собственные экологи. «Экологическая политика нашей компании нацелена на постоянное снижение нагрузки на окружающую среду, поэтому руководство предприятия решило заблаговременно возвести современную установку с учётом модернизации, ввода новых мощностей и возросшего объёма стоков», – пояснил технический директор ПАО «Метафракс» Александр Вдовин в 2021 году.

Литература

1. Производство метанола. // Фоксфорд. – <https://foxford.ru/wiki/himiya/proizvodstvo-metanola>.
2. Метанол. // Википедия. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB#%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>.
3. Адсорбер. // Википедия. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B5%D1%80>.
4. Скруббер. // Википедия. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%B1%D0%B5%D1%80>.
5. Процесс Фишера-Тропша. // Википедия – https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81_%D0%A4%D0%B8%D1%88%D0%B5%D1%80%D0%B0_%E2%80%94%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%88%D0%B0.
6. «Метафракс» снижает воздействие производства на окружающую среду. // Метафракс Кемикалс – <https://metafrax.ru/article/metafraks-snizaet-vozdjeistvie-proizvodstva-na-okruzausuu-sredu>.

Как подписаться на «Потенциал. Химия. Биология. Медицина»?

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

Реквизиты

000 «Азбука – 2000»

ИНН 7726276058/КПП 772601001

БИК 044525225

Расч. счёт – 40702810338330102512

Корр. счёт – 30101810400000000225

Московский банк ПАО «Сбербанк России»

2. В редакции журнала

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

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

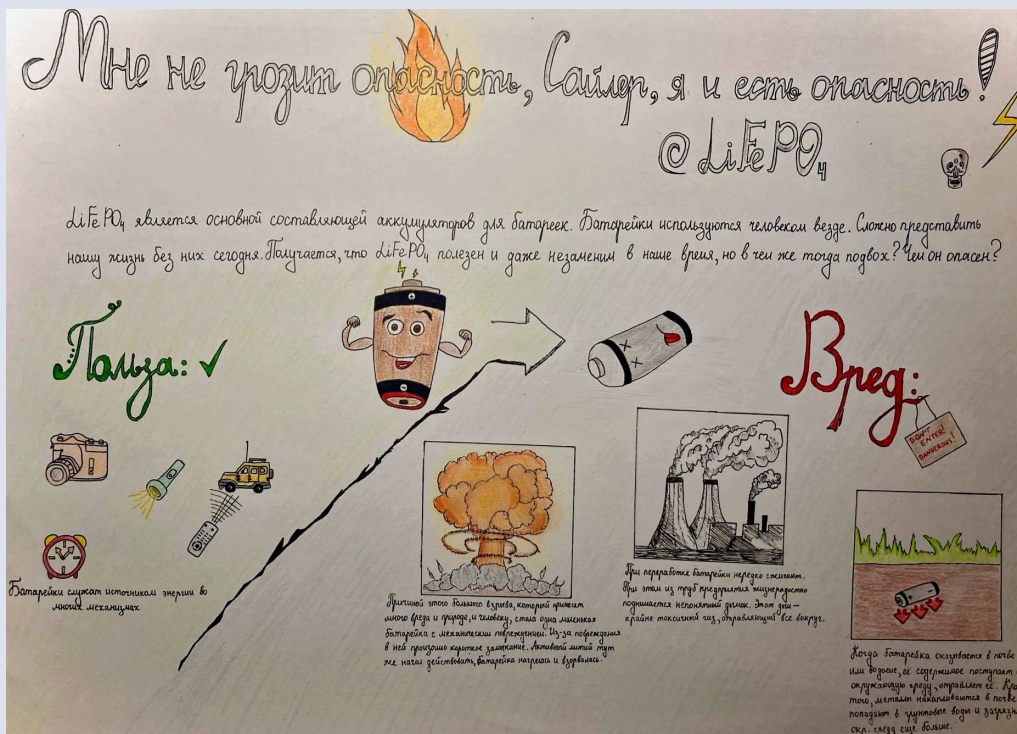
Теперь вы можете читать журнал со своего планшета!



Где можно приобрести журнал?

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

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



В следующем номере:

- ✦ Границы периодической системы. Часть 2. Элементы, открытые физиками. *Ваймугин Л.А.*
- ✦ Рисуем ли мы, когда защищаемся от солнца? *Егорова А.П.*
- ✦ Как решать задачи на смеси. *Дворянинов С.В.*

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 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

ISSN 2221-2353



АЗБУКА

Полиграфическая компания

Тел: (985) 768-25-48,

(495) 787-24-95

www.azbukaprint.ru



www.internat.msu.ru