

12+

ISSN 2221-2353

Химия Биология Медицина

ПОТЕНЦИАЛ

Журнал для старшеклассников и учителей

Sapere Aude – Дерзай знать!

Апрель-Июнь 2022 №2 (84)

Химия

Биология

Медицина

Олимпиады

**Исследовательская
деятельность**

Эксперимент

Хочу быть





**34-я Международная
компьютерная школа
(19.07 – 2.08.2022, Дубна)**



ОИЯИ

Международная компьютерная школа (МКШ) проводится с 1989 года. Её цель – сохранение и воспроизводство интеллектуального потенциала общества.

Задачами Школы являются:

- Разработка и внедрение инновационных подходов в образовании;
- Поиск и поддержка молодежи, детей и подростков, склонных к исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности;
- Привлечение творчески мыслящих педагогов в систему образования.

МКШ – это летняя детская интеллектуальная площадка, где реализуется подход к образованию, отличный от общепринятой школьной системы. Наставники школы не дают участникам готовых ответов как это принято в классической поурочной системе образования, а организуют обучение в форме исследовательской работы. В нашей парадигме нет однозначного и определяющего «правильного мнения» учителя – есть руководитель проекта, выступающий в роли *научного руководителя – наставника*. Нет однозначного плана и учебника – ход проекта определяется исследовательской любознательностью участников.

На МКШ слушатели выбирают тему научной или инженерно-технической работы (проект) и в течение двух недель выстраивают исследовательскую или конструкторскую работу в выбранном направлении.

Среди проектов – физика, химия, математика, биология, робототехника и другие. Как охотится лягушка, как она ищет и определяет добычу? Как спроектировать и собрать воздушный шар? По каким законам движется парящий в небе парашютист? Как возникает радуга и можно ли ее «создать» самостоятельно? Что такое химические индикаторы и как их создать из привычных всем веществ? Как собрать робота, определяющего геометрию помещения? Ответы на эти вопросы (и на массу других) дают исследования в проектах МКШ.

В программе МКШ спецкурсы по выбору (углубление и актуализация школьных знаний), лекции ученых и специалистов, обширная досуговая программа.

В 2022 году Школа будет проводиться на базе АНОО «Физико-математический лицей им. академика В.Г. Кадышевского», размещение и питание в гостинице ОИЯИ «Дубна». Сайт школы – <http://uc.jinr.ru/ru/ics>.

Участники МКШ будут отобраны по конкурсу, для участия в котором необходимо заполнить заявку, пройдя по ссылке: <https://forms.gle/po4JdxdAk8qXpGVH7>. После регистрации Вы получите конкурсные задания, которые необходимо выполнить до 13 июня. Вопросы можно отправлять по адресу: pdshirkov@gmail.com (Ширков Петр Дмитриевич).

ПОТЕНЦИАЛ

Химия Биология Медицина

Содержание

Апрель-Июнь № 2 (84) 2022

Колонка редактора

- 2 Почему снова углерод? *Н.И. Морозова*

Химия

- 3 Углерод вокруг нас. *И.И. Кулакова, Н.И. Морозова*
13 Чем обусловлена окраска крови? *М.С. Винникова*

Биология

- 18 Когда пауки играют в прятки. *Э.Р. Иمامев*
24 За грибами... в весенний лес! *Т.А. Синаков, А.А. Мишулин*

Медицина

- 29 Основные принципы микробиологической диагностики, или чем занимаются микробиологи. *Е.А. Александрова*

Олимпиады

- 36 Химия на Интернет-олимпиаде СУНЦ МГУ 2020-21 для 9-10 классов. *В.В. Загорский, Н.И. Морозова, А.С. Сигеев*
44 Задания Проектной химической олимпиады 2021-22 для 9 класса (1 тур). *И.Д. Кормициков*

Исследовательская деятельность

- 57 Люминесценция лантанидов: связь с температурой. *М.М. Алексеева*
67 Внимание: Cr(VI)! Обнаружение и очистка. *М.В. Высочин, М.Н. Вахидов*

Эксперимент

- 73 Определение пигмента, образующегося в белых хризантемах. *А.А. Хаванова*

Хочу быть

- 77 Через инертные газы к звёздам. *А.А. Зарипов*

Калейдоскоп

- 79 Кроссворд «Заболевания желудка». *А.В. Табачных, Г.Н. Журавлева*

Редколлегия

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

Техническая редакция

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

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 24.06.2022

Усл. печ. л. 5

Формат 70x100 1/16

Заказ № 224

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

Почему снова углерод?

То и дело в калейдоскопах нашего журнала появляются небольшие заметки школьников. У них разные темы и разные жанры, фантазия наших юных авторов не знает границ. Довольно большой пласт этих заметок посвящён любимым элементам. И часто своим любимым элементом ребята называют углерод.

Наверное, это не случайно. И нас, редакторов, и молодых перспективных авторов, и умудренных мэтров научно-популярного жанра этот элемент не оставляет равнодушными по многим причинам. Можно бесконечно восхищаться многообразием и свойствами его простых веществ (в 2013-2014 гг. мы публиковали цикл «Неисчерпаемый углерод» о модификациях этого элемента). В последние годы нешуточный интерес вызывают разнообразные углеродные наночастицы, и мы обязательно посвятим им материалы ближайших номеров.

Углерод с полным правом называют элементом жизни (по крайней мере, на нашей планете!): именно на углеродных

цепочках, как на каркасе, строятся биомолекулы. «Виной» тому уникальное строение атома – сочетание высоких валентных возможностей (четыре электрона на четыре орбитали внешнего электронного уровня) и малого радиуса, обуславливающего высокую прочность связей. Это большая область тем на перспективу.

А кроме того, углерод даёт нам энергию. Углеродный катализ с участием ядер ^{12}C помогает протекать термоядерным реакциям на Солнце. А это – первоисточник всей энергии, запасённой на Земле... в частности, в соединениях углерода! Начиная с дров, основным компонентом которых является целлюлоза – углевод, и заканчивая углём и другими ископаемыми топливами, представляющими собой в основном углеводороды. Насколько они важны, в последнее время стало ясно каждому. В этом номере вы найдёте калейдоскопы с историями, стихами и даже весёлыми картинками про алканы. А в следующем – ждите продолжения ☺.

ХИМИЯ



Кулакова Инна Ивановна

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

Морозова Наталья Игоревна

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



Углерод вокруг нас

Углерод – один из важнейших для нас элементов. И не только потому, что жизнь на Земле построена на основе углерода. Его соединения входят в состав земной коры, дают нам энергию и сырьё, а простые вещества на удивление разнообразны и непохожи друг на друга...

Элемент № 6 не входит в почетный список самых распространенных, но в Земле находится огромное количество углерода – 4360 миллионов гигатонн. Среднее содержание углерода в земной коре $2,3 \cdot 10^{-2}$ % (по массе). Он присутствует как в виде свободного углерода, так и в виде его соединений – твердых, жидких, газообразных. Углерод широко распространен также в космосе; на Солнце он занимает четвертое место после водорода, гелия и кислорода. В газообразном состоянии, а также в виде соединений с азотом и водородом углерод обнаружен спектроскопически в атмо-

сфере Солнца и других звезд. Углекислый газ является основным компонентом атмосферы планет Венеры и Марса, обнаружен в атмосфере Юпитера. Графит (а порой и алмазы!) встречается в каменных и железных метеоритах, среднее содержание углерода в которых составляет 0,15 % (по массе). В межзвездном пространстве обнаружены радикалы CH , CN и C_2 , они характерны и для комет (в последних также есть фрагменты CO , C_3).

С углеродом в земной коре связано накопление и многих других элементов в соединениях, сорбируемых органическим веществом и осаждающихся в виде



нерастворимых карбонатов. Большую геохимическую роль играют диоксид углерода и угольная кислота. У углерода 112 собственных минералов! На Земле наиболее широко распространены карбонаты кальция CaCO_3 (кальцит – исландский шпат, мел, мрамор, арагонит, известняк и др.) и магния MgCO_3 (магне-

зит), смешанный карбонат кальция и магния $(\text{CaMg})\text{CO}_3$ (доломит), сидерит FeCO_3 , натрон или сода $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, азурит $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ и др. Известны природные смешанные сульфаты-карбонаты и тартраты. Углерод входит также в состав некоторых природных силикатов.



Карбонаты кальция: слева направо – образцы арагонита, известняка, мрамора



Еще один минерал карбоната кальция: исландский шпат, обладающий интересным свойством – двойным лучепреломлением



Доломит (слева) и магнезит (справа)



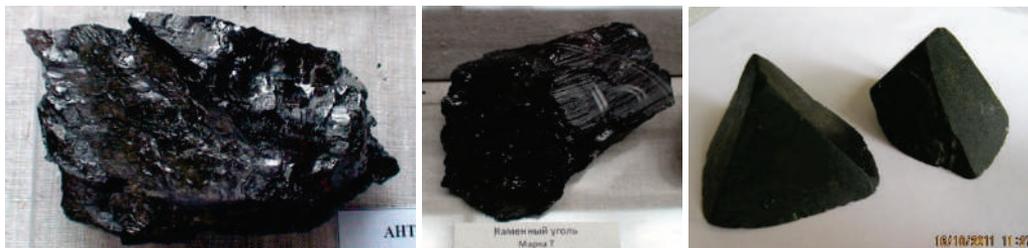
Малахит (слева) и азурит (справа)



Сидерит

В верхней части земной коры (а именно – в биосфере) углерод накапливается в живом веществе, древесине, содержится в горючих ископаемых – антраците (94–97 % C), в каменных (76–95 % C) и бурых углях (64–80 % C), горючих сланцах (56–78 % C), торфе (53–56 % C), горючих природных газах (до 99 % метана), нефти (82–87 % C), а также битумах и др. В природе встречается минерал

шунгит – аллотропная форма метастабильного углерода, находящегося на предграфитовой стадии углефикации. Блестящая разновидность шунгита содержит до 94 % C, а матово-серая – 64 % C. Все горючие ископаемые по химической природе являются смесью различных соединений углерода. Их разведанные запасы содержат около 10^{15} т в пересчете на углерод.



Слева направо: антрацит, каменный уголь, шунгит



Образцы нефти из различных месторождений

Углерод поступает в атмосферу при деятельности вулканов, микроорганизмов, из подземных газовых струй, из вод гидросферы, при разложении органических веществ и в результате производственной деятельности человека. Везде, где энергично протекает разложение органических веществ, образуется много диоксида углерода и метана (и чем энергичнее разложение – тем больше газа!). Так, если в атмосфере его содержится 0,03 объемных %, то в почвенном воздухе – уже несколько процентов, в болотных газах – 6 %, в газах нефтяных и угольных месторождений – около 2 %. Всего в атмосфере сосредоточено $6 \cdot 10^{11}$ т углерода в виде углекислого газа.

В гидросфере углекислый газ составляет 66,3 % от всех растворенных газов, его количество оценивается в 10^{14} т. Он находится в равновесии с атмосферным CO_2 . Растворяясь в воде, углекислый газ образует угольную кислоту – важный фактор выветривания горных пород. Углекислотное выветривание наблюдается в карбонатных породах, где протекает обратимая реакция:



Вода, содержащая растворенный гидрокарбонат кальция, выходит из толщи горных пород, теряет CO_2 , и равновесие смещается в сторону нерастворимого карбоната кальция – так образуются сталактиты и сталагмиты. Карбонатное равновесие играет огромную роль

в геохимии океана – основного регулятора содержания углекислого газа в атмосфере.



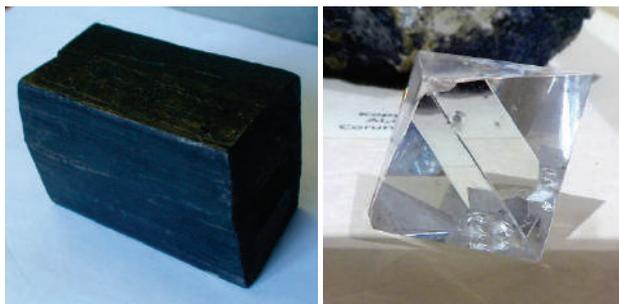
Сталактиты (свисают сверху) и сталагмиты (растут снизу) в подземных пещерах

Наиболее чистый свободный углерод в природе – это алмаз и графит. Месторождения графита имеются в Северной Америке (Калифорния, Мексика), Средней Европе (Богемско-Моравские горы, Пассау), на Мадагаскаре, Цейлоне, в Новой Зеландии. Залежи графита образуют иногда большие сплошные скопления, иногда же графит пронизывает каменные породы наподобие сланцев.

Алмаз – редкий, но вместе с тем довольно известный на Земле минерал. Промышленные месторождения алмазов известны на всех континентах, кроме Антарктиды. Добыча алмазов в мире ведется повсеместно, но выделяются страны, в которых находятся 14 крупнейших месторождений, причем в России – 6, в странах Африки – 4, есть алмазы в Австралии, Бразилии и др. В России добывают несколько видов алмазов: россыпные на Урале, кимберлитовые в Якутии и в Архангельской области, импактные в Попигойском метеоритном кратере на севере Сибири, алмазы метаморфогенного типа в Казахстане. Известны метеоритные алмазы внеземного, возможно, досолнечного происхождения. В 1888 году за анализ Ново-Урейского метеорита П.А. Лачинову присвоена Ломоносов-

ская премия (вместе с профессором М.В. Ерофеевым). Ученые первыми в

мире выявили присутствие алмазов в метеоритах.



Графит (слева) и алмаз (справа)

В 1968 г. появилось сообщение о находке «белого углерода» в виде серебристо-белых прожилок и вкраплений в частицах графита, выделенных из образцов ударно-метаморфизованных графитовых гнейсов метеоритного кратера Нёрдлингенский Рис в Германии. Поскольку примесь новой фазы содержалась только в образцах графита, где силикаты были расплавлены до стеклообразного состояния, авторы предположили, что она образовалась из графита под действием высоких температуры и

давления. Они дали новому минералу название «чаоит». В 1969 г. советский геохимик Г.П. Вдовыкин исследовал практически всем комплексом современных методов микроанализа полимерное вещество, распределенное в матрице алмазо-графитовых включений метеорита Новый Урей. Вещество получило название «вдовыкинит». Но ученые и предположить не могли, что еще в 1960 г. это вещество было синтезировано в лаборатории А.М. Сладкова и названо «карбин».

Биологическая значимость соединений углерода

Химические элементы подразделяют на *биофильные*, т. е. жизненно необходимые (которые называют также биогенными), и *ксенобиотики*, чужеродные для организма. Биофильность определяется как отношение содержания элемента в живом веществе к его содержанию в литосфере (масс. %). Наибольшая биофильность, конечно же, у углерода (780), за ним следуют азот (160), водород (170), кислород (1,5) и сера (1,0). У остальных элементов этот показатель меньше единицы.

Углерод является основой всех органических веществ. Любой живой организм состоит в значительной степени из углерода.

Более конкретным методом оценки интенсивности биологического поглощения углерода живыми организмами, в основном растениями, является сопоставление его содержания в золе расте-

ний с содержанием в питающей среде. Таким показателем является *коэффициент биологического поглощения*, т. е. отношение содержания элемента в золе к его концентрации в литосфере, конкретной горной породе, почве и пр. Весьма полезным показателем в биогеохимии является *зольность*, т. е. масса золы, оставшаяся после сжигания образца, выраженная в % от общей массы образца.

Для биогеохимической характеристики химических элементов, кроме того, используют и другие показатели: *таласофильность* и *технофильность*. Таласофильность представляет собой отношение содержания химического элемента в морской воде к его содержанию в литосфере. Эта величина зависит от времени пребывания элемента в морской воде и колеблется в широких пределах – от 111 для хлора до $4 \cdot 10^{-8}$ для марганца. Таласофильность углерода составляет $9 \cdot 10^{-2}$.

Данный показатель меньше, чем у кислорода и серы (по 1,8), водорода (71), натрия, хлора, брома (30) и йода, но больше, чем у других элементов.

Значения технофильности указывают на масштабы использования химических элементов человечеством. Они определя-

Экологическая роль соединений углерода

С позиций воздействия химических элементов на живые организмы часто используют простое деление на *токсичные* и *нетоксичные*. При этом всегда следует учитывать, что некоторые элементы можно отнести к обеим категориям в зависимости от того, в виде каких соединений они присутствуют. Углерод относится к нетоксичным элементам наряду с кислородом, водородом, азотом и др.

Техногенный углерод поступает в окружающую среду в составе выхлопных газов авто- и авиатранспорта, при

сжигании угля и битумов на теплоэлектростанциях, при открытых разработках угля, подземной его газификации, получении угольных концентратов и др. Так, на фото ниже хорошо виден выделяющийся дым, который представляет собой продукты обжига анода – канцерогенные полиароматические углеводороды. Концентрация углерода над крупными городами 2,4–15,9 мкг/м³, над сельскими районами 0,5–0,8 мкг/м³. Самые большие выбросы дают источники горения, особенно лесные пожары (100–400 мкг/м³).



Замена токоподводящего штыря углеродного анода на алюминиевом заводе

Несмотря на нетоксичность углерода, высокое его содержание в атмосферных аэрозолях, т. е. в виде мельчайших твердых частиц, ведет к повышению заболеваемости населения, особенно поражаются верхние дыхательные пути и легкие. Профессиональные заболевания – в основном антракоз (поражение легких, характеризующееся

развитием легочного фиброза) и пылевой бронхит.

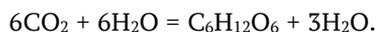
Оксид углерода (II) очень ядовит, уже при концентрации его 0,1% создается угроза для жизни человека. Опасны для жизни и здоровья также цианистый водород, метанол, диметилформамид (применяемый в качестве растворителя), диоксины и пр.

Круговорот углерода в природе

Круговорот углерода — это особый и важный процесс на нашей планете, который заключается в перераспределении углерода между биосферой, атмосферой, литосферой и гидросферой.

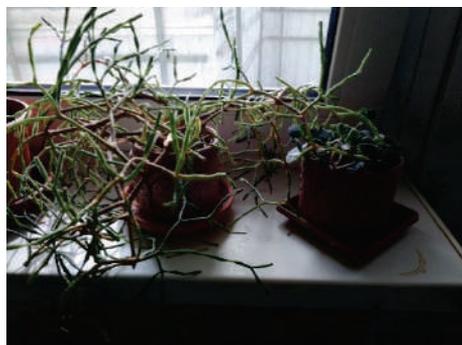
В биосфере содержится $45,4 \cdot 10^{12}$ т углерода. В атмосфере и гидросфере он находится в виде CO_2 : в воздухе его 0,046 % по массе, в водах рек, морей и океанов примерно в 60 раз больше. Углерод входит в состав растений и животных. Общее содержание углерода в организме человека достигает около 21 % по массе: $\frac{2}{3}$ в мышцах и $\frac{1}{3}$ в костной ткани. В организм человека углерод поступает с пищей.

В атмосферу CO_2 попадает при сгорании ископаемого топлива, из вулканических газов, горячих минеральных источников, из поверхностных слоёв океанических вод, а также при дыхании, брожении, гниении органических остатков. Углерод в виде CO_2 на свету поглощается растениями в процессе фотосинтеза под действием хлорофилла:



При превращениях захороненной биомассы происходят фрагментация, внутримолекулярная поликонденсация и другие процессы с образованием CO ,

CO_2 , газообразных и жидких углеводородов. Жидкие углеводороды остаются в осадочных породах, а газообразные попадают в атмосферу или расходуются на образование карбонатов. Описанные процессы составляют биогенный (экзо-) цикл круговорота углерода.



Домашние растения на подоконнике днем занимаются фотосинтезом

В результате геологических процессов (подвижек, прогибов и опусканий земной коры) захороненные органические остатки и карбонаты попадают в глубинные зоны, и там происходят реакции с участием газов, выделяющихся из недр Земли, а также превращения углеродсодержащих компонентов мантийных газов, т. е. осуществляется абиогенный (эндо-) цикл круговорота.

Применение углерода

Органические соединения углерода мы употребляем в пищу. Углерод в виде ископаемого топлива — один из важнейших источников энергии для человечества и сырьё для нефтехимической промышленности. А где мы используем простые вещества углерода?

Применения углерода столь же разнообразны, как и сам этот многоликий элемент. Кокс используют в металлургии в качестве восстановителя. Углерод является неотъемлемой составляющей стали (до 2,14 %) и чугуна (более 2,14 % по массе). Древесный уголь применяется в металлургии, как сорбент газов и

растворенных веществ, а также при изготовлении чёрного пороха. Активированный уголь используется как сорбент в защитных масках и противогазах, для очистки воды и воздуха, в медицине при отравлениях. Он присутствует чуть ли не в каждом доме: и в бытовых фильтрах для очистки воды, и в аптечках. Кроме того, его применяют в качестве катализатора или носителя активного вещества.

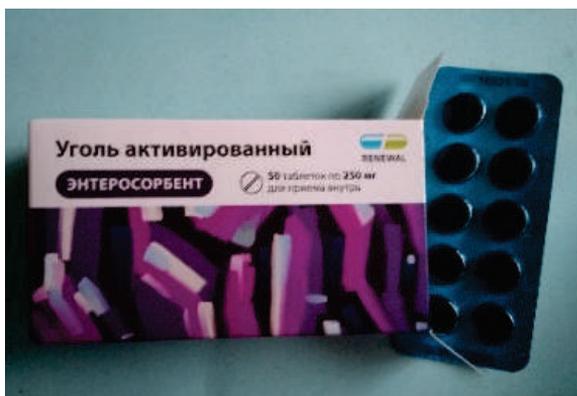
Сажа используется при изготовлении шин, типографской краски. Графитированную сажу получают обработкой обычной сажи в неокислительной



атмосфере при 3000°C и применяют в хромотографии.

О применении графита для изготовления стержней простых карандашей знают даже маленькие дети. Однако то же самое свойство – легкое скольжение атомных слоев друг относительно друга – обуславливает использование графита в качестве высокотемпературной смазки. Благодаря высокой электропроводности он применяется для изготовления электродов, контактных щёток и токосъёмников

для разнообразных электрических машин, электротранспорта и мостовых подъёмных кранов, мощных реостатов, а также прочих устройств, где требуется надёжный подвижный электрический контакт. Термостойкость позволяет использовать его как материал для плавильных тиглей, футеровочных плит, тепловой защиты носовой части боеголовок баллистических ракет и возвращаемых космических аппаратов. А еще графит применяют как замедлитель нейтронов в ядерных реакторах.



Активированный уголь в таблетках и картридж к фильтру для очистки воды



Углеродный анод для производства алюминия: слева – вид сверху (в месте прикрепления токоподводящих штырей), справа – вид снизу (поверхность электрода, извлечённого из расплава для замены)



Графитовые стержни



Изделия из прессованного пенографита: графитовая фольга, куски плетеной набивки из армированной ленты терморасширенного графита, фланцевые прокладки

Терморасширенный графит (или так называемый пенографит) используют для изготовления различных уплотнителей, непроницаемых для газов и жидко-

стей (сальниковая набивка, сальниковые кольца, графитовая фольга, фланцевые прокладки и др.).

Графит – сырье для получения синтетических алмазов. А для чего нужны алмазы? Конечно, для красоты. Из огранённых алмазов – бриллиантов – делают ювелирные украшения.

Но не только. Для мировой экономики важнее, что алмаз – незаменимый абразивный материал для изготовления бурового, режущего, шлифовального и полировального инструмента. Его используют для создания датчиков температуры, измерителей радиации, высокоточной оптики телескопов, сверхчувствительных линз. В медицине алмазная пыль применяется при изготовлении медицинских инструментов для внутриполостных операций, а также специального белья, которое за счёт воздействия мельчайшей алмазной крошки улучшает кровообращение и в общем положительно влияет на процесс кровотворения.



Кольцо с бриллиантом

Карбин тоже нашел применение – например, в электронике, космонавтике,



авиации и медицине. Разработана технология волокна «Витлан» с карбиновым покрытием, из которого были созданы протезы кровеносных сосудов, прочных, эластичных, нетоксичных, с высокими тромборезистивными свойствами. Карбиноподобный углерод, а также алмазоподобные углеродные пленки, содержащие структурные элементы карбина, нашли применение при изготовлении неотторгающихся прочных шовных нитей, для покрытия трущихся поверхностей искусственных суставов, а недавно его начали применять и в офтальмологии.

Углеродные наноматериалы (наноалмазы, нанотрубки, графен) используют как компоненты электрохимических покрытий, в качестве присадок к моторным маслам и смазкам, добавок к полимерам и резинам, в пастах для финишного полирования, а также как сы-

рье для получения новых композиционных и полупроводниковых материалов, как сорбенты для хроматографии и носители катализаторов. К числу возможных сфер применения графена относятся полупроводниковые устройства, гибкие сенсорные экраны, покрытия, прозрачные проводящие слои, устройства для хранения энергии, датчики, композиционные материалы. В последнее время интерес к применению углеродных наноматериалов все более смещается в область биологии и медицины: их планируется использовать в качестве наномембран, сорбентов для биомолекул и биологических маркеров, биосенсоров на их основе, носителей в системах доставки лекарств. В следующих статьях мы расскажем об этих замечательных материалах поподробнее.

Литература

1. Подгорный Д.А. Углерод во всем своем многообразии. Ч.1. Углерод эпохи МИКРО. – Челябинск: Изд-во Южно-Уральского ГУ, 2014. – 31 с.
2. Углерод. // Энциклопедия Кругосвет. – https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/UGLEROD.html.
3. Цикл углерода. // Энциклопедия Кругосвет. – https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/TSIKL_UGLERODA.html.
4. Аллотропные модификации углерода. // Студопедия. – https://studopedia.ru/21_41966_allotropnie-modifikatsii-ugleroda.html.
5. Семь обличий углерода. // N+1. – <https://nplus1.ru/material/2017/10/23/carbon-atom>.
6. Синицына О., Яминский И. Высокоориентированный пиролитический графит. // Наноиндустрия, 2011, т. 30, № 6, с. 32–33.
7. Изделия из пиролитического графита. // Донкарб Графит. Справочник материалов. – <https://doncarb.com/handbook/spetsgrafity/izdeliya-iz-piroliticheskogo-grafita/>.
8. Белова М.Ю. Графит, ИГ и ТРГ (краткий обзор). // Бесплатная электронная библиотека – Книги, издания, публикации. – <http://nauka.x-pdf.ru/17himiya/433073-1-my-velova-grafit-trg-kratkiy-obzor-soderzhanie-vvedenie-osnovnie-termini-ekskurs-istoriyu-grafit-interkalirovanniy.php>.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Загадочные алкалоиды

Рассказывают, как-то раз, экзаменуя в Медико-хирургической академии, знаменитый химик-органик Н.Н. Зинин спросил студента:

– А скажите-ка мне, что такое алкалоиды?

– Алкалоиды – это такие дурманящие вещества, у которых названия оканчиваются на «ин» – хинин, кофеин, стрихнин, никотин... – бойко начал перечислять экзаменуемый.

– Стой, стой! – воскликнул Николай Николаевич. – Хоть у меня с Бородиным фамилии оканчиваются на "ин", но мы не алкалоиды!

<http://subscribe.ru/archive/history.klubklio/200802/05212520.html>



Винникова Мария Сергеевна
Выпускница 11 класса СУНЦ МГУ

Чем обусловлена окраска крови?

«Кровавый цвет», «цвета крови» – все эти понятия прочно укоренились в нашей голове. При упоминании данных эпитетов и метафор нам сразу представляются яркие картинки. Слово «кровь» стало синонимом красному. Но действительно ли вся кровь красная и какие еще цвета существуют? И чем обусловлена окраска крови?

В ходе эволюции кровеносной системы живых существ мы встречаемся с различными цветами крови. Разная кровь встречается у разных видов животных. Но не только это обуславли-

вает многообразие цвета. Например, отравление некоторыми веществами также может приводить к его изменению. Во всем этом мы сейчас попробуем разобраться.

Красная кровь

Красная кровь присуща людям и большинству других позвоночных. Её цвет обусловлен наличием в ней гемоглобина (рис. 1).



Рис. 1. Красные кровяные тельца
(<https://autogear.ru/misc/i/gallery/65027/3020999.jpg>)

Гемоглобин – сложный железосодержащий белок, который способен обратимо связываться с кислородом, тем самым обеспечивая его перенос в ткани. У

позвоночных животных он содержится в эритроцитах, у большинства беспозвоночных эритрохроин – разновидность гемоглобина – растворён в плазме крови и может присутствовать в других тканях.

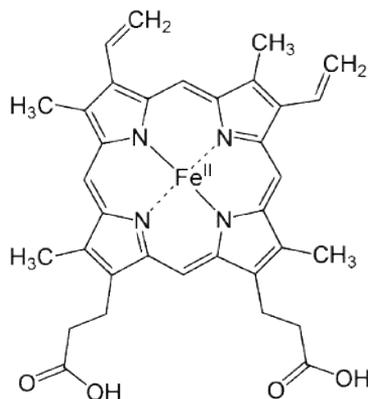


Рис. 2. Гем – простетическая группа (небелковая часть) гемоглобина

Гемоглобин состоит из четырёх белковых субъединиц, каждая из которых включает гем (рис. 2), связывающий кислород. Гемы являются комплексами порфирина с двухвалентным железом и

придают оксигенированной крови, преобладающей в артериальной, красный цвет. Деоксигенированная кровь, преобладающая в венозной, имеет тёмно-красный цвет.

Метгемоглобин

Метгемоглобин, также называемый гемоглобином М, отличается от обычного гемоглобина наличием трёхвалентного железа (рис. 3) вместо двухвалентного. Комплексное соединение порфина с трёхвалентным железом имеет фиолетовый, а не красный цвет (рис. 4). Такая форма гемоглобина плохо связывает кислород и не обеспечивает потребности тканей в кислороде.

Метгемоглобин может присутствовать в крови в небольших количествах и не представлять угрозу жизни, но при

отравлении угарным газом его количество заметно возрастает, что может привести к летальному исходу.

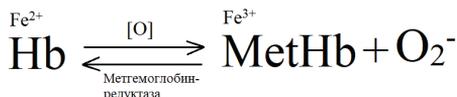


Рис. 3. Образование метгемоглобина под действием различных веществ и обратное восстановление в гемоглобин под действием фермента метгемоглобинредуктазы



Рис. 4. Руки человека, больного метгемоглобинемией (<https://doc-tv.ru/upload/files/24%283%29.jpg>)

Отравление цианидами

Ещё одной причиной изменения цвета крови на более темный, вишнёво-красный, цвет может служить отравление цианидами. Эти анионы образуют комплексы с ионами двухвалентного железа цитохромоксидазной системы. Цитохромоксидаза – это фермент, который катализирует окисление восстановленного цитохрома с кислородом, тем

самым завершая процесс переноса электронов аэробной дыхательной цепи. Вмешательство в работу этого фермента приводит к нарушению процесса обогащения кислородом тканей и вызывает цитотоксическую тканевую гипоксию. Даже после гибели отравившихся на их теле сохраняется алая окраска кожных покровов.

Голубая кровь

Голубая кровь характерна для моллюсков, членистоногих и онихофор. Свой цвет она приобретает благодаря ге-

моцианину (рис. 5), который является функциональным медьсодержащим аналогом гемоглобина. В отличие от послед-

него, в основном входящего в состав эритроцитов, молекулы гемоцианина растворены в гемолимфе.

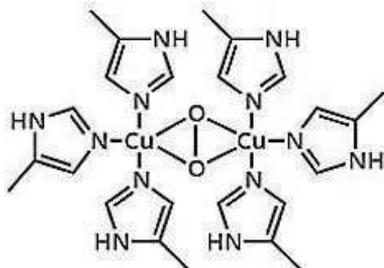


Рис. 5. Простетическая группа гемоцианина

Восстановленная форма гемоцианина бесцветна. Окисленная форма окрашивается в голубой цвет, наблюдается флуоресценция (рис. 6).



Рис. 6. Внутренняя поверхность панциря краба *Cancer productus* окрашена гемоцианином в фиолетовый цвет (такая окраска объясняется тем, что внутренняя поверхность панциря имеет красный цвет, а гемоцианин сам по себе голубой)

(https://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/72/Гемочуанин_Example.jpg)

Зелёная кровь

Зелёная кровь встречается у некоторых многощетинковых червей и морских беспозвоночных, пиявок, также у части животных. В их крови содержится как гемоглобин, так и хлорокруорин, который, в свою очередь, и обуславливает такой оттенок крови.

Хлорокруорин (хлорогемоглобин) – железосодержащий белок, который, связываясь с кислородом, обеспечивает его перенос в ткани. Своими свойствами химически схож с гемоглобином.

Хлорокруорин (простетическая группа хлорокруорина; рис. 7) отличается от гема главным образом тем, что вместо винильной группы при С-3 находится формильная группа.

Для этого пигмента характерен сильный дихроматизм (явление, при котором окраска вещества зависит от его концентрации), из-за чего его окраска при разбавлении меняется от красной до зелё-

ной. В то же время деоксигенированная и оксигенированная формы хлорокруорина почти не отличаются по окраске друг от друга.

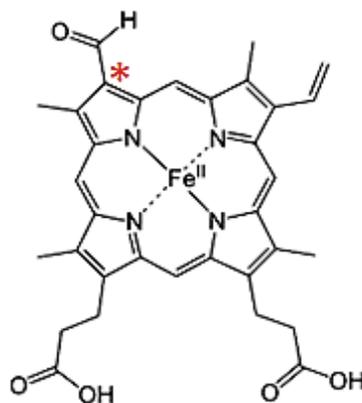


Рис. 7. Простетическая группа хлорокруорина (звездочкой обозначен атом С-3)

Фиолетовая кровь

Фиолетовая кровь свойственна плеченогим, сипункулидам, приапулидам и некоторым кольчатым червями (полихетам).

Гемэритрин – олигомерный железосодержащий белок, использующийся для

транспорта кислорода. Его активный центр содержит два катиона железа (II), соединённых между собой гидроксильной группой.

В деоксигенированной форме один из ионов имеет координационное число

5, а в другой – 6, степени окисления +2. В окисгенированной форме оба иона

приобретают координационное число 6 и степень окисления +3 (рис. 8).

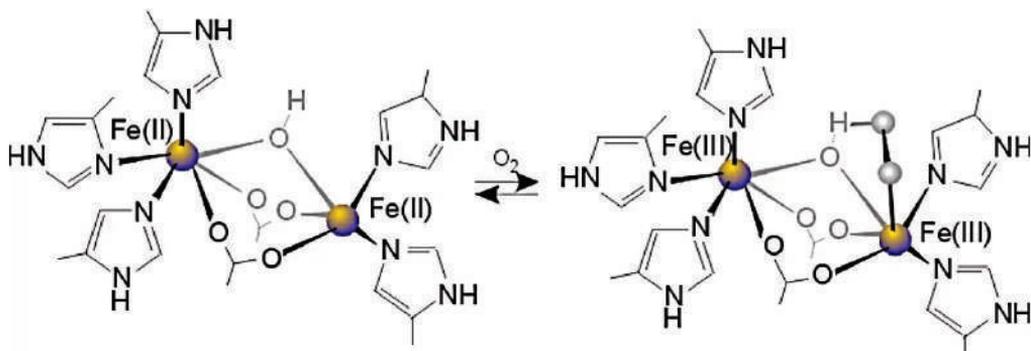


Рис. 8. Переход гемэритрина из деоксигенированной формы в оксигенированную форму (<http://900igr.net/up/datai/112412/0022-046-.png>)

Насыщенный кислородом белок имеет фиолетовый оттенок, ненасыщенный – светло-розовый.

Данный пигмент связывает кислород прочнее, чем гемоглобин или миоглобин. Благодаря этому свойству он встречается у животных, способных

подолгу находиться в анаэробных условиях.

Помимо этого, гемэритрин практически не связывается с монооксидом углерода, тем самым предотвращая у организмов, использующих его, отравление угарным газом.

Перфторан

Перфторан (рис. 9), хотя и не является белком крови, тем не менее обладает газотранспортной функцией. Эта эмульсия на основе смеси перфтордекалина и перфторметилциклогексилпиперидина является заменителем крови

и используется в медицине для переливания людям, которые по каким-то причинам отказываются от донорской крови (либо в случае её нехватки). В СМИ перфторан известен как «голубая кровь».

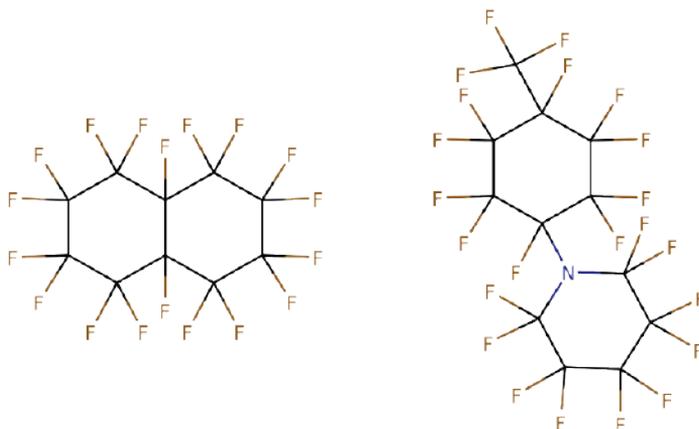


Рис. 9. Химическая структура компонентов перфторана (<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/44/Perftoran.svg/1280px-Perftoran.svg.png>)

Таким образом, кровь не обязательно красная. Есть множество веществ, которые различны по своим структурам, физическим и химическим свойствам, но выполняют свою основную, газотранспортную, функцию. Каждый из приве-

дѐнных выше примеров имеет как свои плюсы, так и минусы. Попробуйте пофантазировать, какая кровь подошла бы для фантастического существа, живущего в определённых экстремальных условиях!

Литература

1. Виттенберг Б.А., Бриль Р.В., Виттенберг Дж.Б. Haemoglobins of invertebrate tissues. Nerve haemoglobins of Aphrodite, Aplysia and Halosydna. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1207048/>
2. Химия разноцветной крови. – URL: http://virtuallab.by/publ/interesnye_stati/interesnye_stati/khimija_raznocvetnoj_krovi/2-1-0-136
3. Метгемоглобинемия и метгемоглобин: понятие, норма и возникновение в крови, течение и формы, терапия. – URL: <https://sosudinfo.ru/krov/metgemoglobinemiya/>
4. Астахов М.В. Отравление цианидами (Отравление синильной кислотой, Отравление цианистыми соединениями). – URL: <https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/urgent/cy-anide-poisoning>
5. Голотурии. – URL: <https://www.chem21.info/page/099160245041035133111013107104023043218016119241/>
6. Хлорокруорин. – URL: <https://www.chem21.info/info/191308/>
7. Стенкамп Р.Е. Dioxygen and Hemerythrin. – URL: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cr00027a008>
8. Вистрам М., Липпард С.Дж., Фриснер Р.А. Reversible dioxygen binding to hemerythrin. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12656634/>
9. Перфторан. – URL: <https://perftoran.ru/index.php/ru>
10. Хлябич Г.Н. Кровезаменители – переносчики кислорода. – М.: Практическая медицина, 2011. – С. 241–247.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Дети медиков (рассказы из сети)

У коллеги-психолога дома стоит макет черепа человека, на котором обозначены основные зоны мозга: лобная доля, височная и т.д. Между прочим, любимая игрушка пятилетней дочки. При этом дочка уверена, что у всех людей голова расчерчена и раскрашена от рождения, как на этом макете.

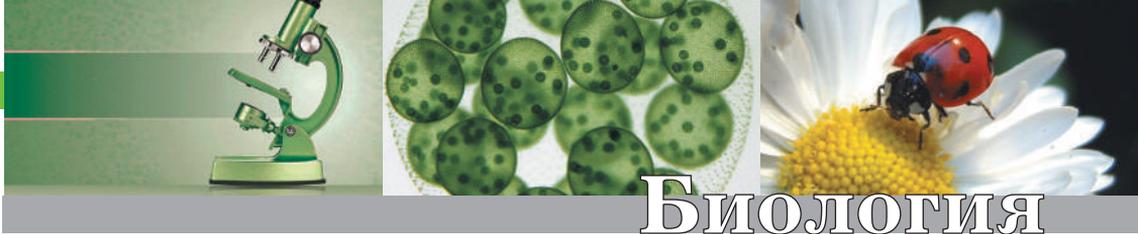
Представьте себе шок девочки, когда в гости пришел абсолютно лысый дядя! У которого, естественно, ничего такого на голове не было. А теперь представьте себе шок лысого дяди, когда юная психологиня, вооружившись фломастерами, полезла исправлять недоразумение...

Старшая отожгла. Теперь я точно знаю, что у нас медик вырос, дедушкины гены.

Попугайчик у нас умер. Трагедия, но умер от старости, морщины были, перья торчали, короче, тяжело было птице уже жить. Младшие поплакали, старшие вздохнули, положила я птицу в коробочку от чая, чтобы вечером закопать, всё-таки столько лет она мозг выносила, почти член семьи.

Приползает будущая звезда медицины.

- Ты только не ругайся и никому не говори... Можно я вскрою?



Биология



Имамеев Эмиль Рустамович

Студент 4 курса института биологии и химии МПГУ, обладатель премии «Президентский грант». Области интересов: арахнология, этология, зоопсихология

Когда пауки играют в прятки

Легко ли увидеть паука? Далеко не все они заинтересованы яркой окраской объявлять миру: вот он я! Ведь на них могут обратить внимание естественные враги. Так что, гуляя в лесу или на лугу, мы их обычно не видим, а они есть ☺. Надо только приглядеться...

Наверное, каждому из нас с детства знакома увлекательная игра в прятки. Эта детская забава не оставляла равнодушным даже самых угрюмых ребят. Возможно, в это трудно поверить, но в дикой природе эта игра становится ценной стратегией выживания целого вида. Например, окраска многих представителей семейства кошачьи (*Felidae*) способствует первоклассной маскировке этих хорошо известных нам четвероногих созданий (тигров, леопардов, ягуаров и пр.). Настоящими мастерами маскировки по праву считаются многие ночные бабочки, или чешуекрылые (например, представители семейства пяденицы, *Geometridae*), которые хорошо сливаются с корой деревьев. За это их проклинает каждый среднестатистический студент биофака. Только представьте себе следующую картину: перед несчастным юным натуралистом для определения стоит ряд абсолютно одинаковых по окрасу бабочек, которые,

все как один, напоминают кору. Конечно, в мелочах эти насекомые отличимы, однако определение их вида – задача далеко не из легких.

Пауки (отряд *Aranei*) тоже любят играть в прятки! Порой нам сложно даже представить, насколько эти животные продвинулись в искусстве маскировки. Пауки способны оставаться незамеченными на многих природных объектах: цветах, листьях, стеблях трав, коре деревьев и, конечно же, на почве.

В природе встречается довольно много представителей пауков, и каждый из видов предпочел выбрать определенную стратегию выживания. Даже среди пауков, сливающихся со схожим по окраске фоном, эти тактики разнятся. Паукообразное может быть незаметным на фоне почвы и бродить в поисках жертвы (*Trochosa rutilcola*) (рис. 1), но в большинстве случаев пауки с покровительственной окраской являются хищни-

ками-засадниками (*Misumena vatia*) (рис. 2). В этой статье я хотел бы рас-

смотреть образ жизни пауков с покровительственным окрасом.



Рис. 1. *Trochosa rutilicola* (фото В.М. Карцева)



Рис. 2. *Misumena vatia* (фото В.М. Карцева)

Thomisidae

Восьмилапые антобионты, то есть пауки, живущие на цветах, отлично сливаются с окраской венчиков цветов (рис. 3) (а иногда и с зелеными частями побега (рис. 4)). Эти хитрые членистоногие умело взбираются на растения, не оставляя практически никаких шансов их разглядеть. Зачем же им это нужно?

Дело в том, что арахнидам (паукам) необходимо решать две жизненно важные задачи: укрыться от врага и остаться незаметными для потенциальных жертв. Как вы уже могли догадаться, решение и первой, и второй задачи крайне необходимо для пауков, обитающих на цветках.

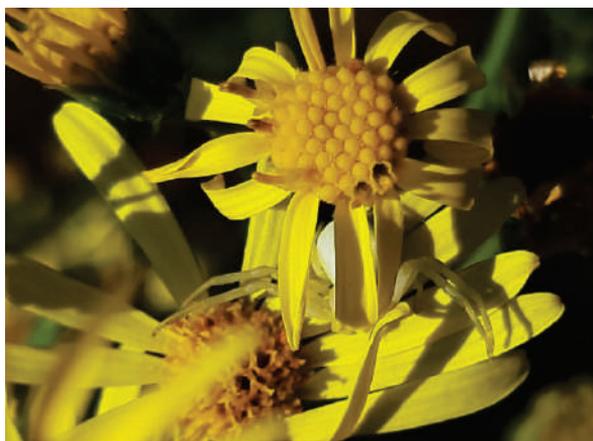


Рис. 3. Бокоход на корзинке растения



Рис. 4. Паук-бокоход на генеративном побеге

Пауки, о которых пойдет речь, относятся к большому семейству пауков-крабов (Thomisidae). Узнать их довольно легко: у упомянутых арахнид хорошо выражена диспропорция размеров конечно-

стей (передняя пара ног заметно длиннее четырех задних). Часто пауки окрашены достаточно ярко (ксистикусы) (рис. 5). Но иногда встречаются виды весьма невзрачной расцветки (*Ozyptila praticola*) (рис. 6).



Рис. 5. Ксистикус на контрастном фоне (фото В.М. Карцева)



Рис. 6. Невзрачный окрас *Ozyptila praticola* (фото В.М. Карцева)

Разглядеть томизид на растениях бывает нелегко, но пылливый взор натуралиста, пусть даже начинающего, способен разоблачить даже столь искусных мастеров маскировки. Иногда пауков можно заметить самым случайным образом: при взгляде на расположившееся на цветке насекомое в неестественном для него положении тела. Когда видишь, к примеру, незадачливое перепончатокрылое, которое неряшливо свисает с цветка, то во многих случаях нетрудно увидеть паука, который ловко это насекомое держит (рис. 7).



Рис. 7. *Misumena vatia* на цветке кабачка (фото В.М. Карцева)

Philodromidae

Достаточно похоже на предыдущих пауков семейство Philodromidae. С точки зрения внешнего строения пауки-крабы напоминают некоторых филодромид, но все же отличны от них по определенным морфологическим и этологическим параметрам. Например, окрасом и местообитанием. Если пауки-томизиды, как правило, являются типичными обитателями цветов, то арахниды, о которых дальше пойдет речь, частенько встречаются на коре деревьев. Окрас филодромид довольно часто способствует их маскировке на древесных растениях. Довольно типичным представителем российской фауны пауков из семейства Philodromidae можно считать филодрому жемчужного (*Philodromus margaritatus*). Обнаружить этого ловкого охотника довольно нелегко, так как его камуфляж

делает своего владельца практически незаметным на коре дерева (рис. 8).



Рис. 8. *Philodromus margaritatus* (фото В.М. Карцева)

Относятся эти хищники, как и бокоходы, к так называемой группе пауков-охотников. Для них не характерно строительство ловчих тенет. Филодромиды настигают своих жертв, хватая их сво-

ими длинными ходильными ногами. Когда хелицеры паука вонзаются в тело до-

бычи, то у бедняжки нет никаких шансов вырваться из смертоносных объятий.

Sparassidae

К спарассидам относится довольно примечательный род с крупным представителем и покровительственной окраской. Речь идет о микромате зеленоватой (*Micrommata virescens*) (рис. 9, 10). Это, пожалуй, единственный пред-

ставитель данного рода, который встречается в нашей стране. Как и у пауков-крабов, передние ходильные ноги микроматы расставлены, что характерно для представителей данного семейства.



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



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

Зеленоватую микромату узнать несложно. Это крупный паук, который достигает длины тела до 1,5 см. Рассматриваемый вид, как и остальные микроматы, окрашен в насыщенно зеленый цвет. Большие габариты в сочетании с примечательной расцветкой делают паука достаточно несложным в определении.

Микроматы – настоящие мастера маскировки. В густом травостое обнаружить представителей этого рода очень и очень сложно. Я воочию видел микромат, но скажу, что их поиск – дело крайне нелегкое. Когда я еще был первокурсником, то встречал этих арахнид на лугах в Подмоскowie. Они попадают при кошени травы сачком. Методом обычного сбора добыть микромат сложно, ведь они очень хорошо сливаются с фоном.

Самцы этого вида имеют воистину варварские манеры. Они не практикуют ухаживание за самкой и подношение ценных подарков. Мало того, этим мужчинам даже не приходится в голову мирно

подойти к даме. Самцы вида *Micrommata virescens* внезапно настигают самок, вонзая в их брюшко свои хелицеры. Яд они, конечно, не впрыскивают, и на том спасибо. Несчастливая особа цепенеет от боли и становится уязвимой для своего обидчика. Пользуясь случаем, коварный самец оплодотворяет избранницу и уплывает восвояси. От неожиданного гостя остаются лишь раны после хелицер.

Оплодотворенная самка вскоре откладывает яйца, которые заматывает в плотный паутинный кокон и героически охраняет. Мать плетет гнездо, используя листья травянистых растений, и помещает в него свою кладку. Добросовестная наседка не оставляет свой кокон ни на минуту. И в случае нужды отлучиться паучиха забирает яйца с собой. Позже вылупляются маленькие паучата, которые покидают родимый дом и осваивают новые территории, готовясь к ответственной взрослой жизни, полной опасностей и испытаний.

Lycosidae

В мире членистоногих существуют пауки с довольно завораживающим названием. Это пауки-волки (Lycosidae). Неспроста креативные ученые так прозвали данный таксон, ведь эти восьмилатые создания действительно напоминают семейство псовых (Canidae). Они не покрыты густой шерстью и у них нет хвоста, однако стратегия охоты этих пауков весьма впечатляет. Они, подобно хищным млекопитающим, умело настигают свою жертву.

Узнать представителей этого семейства несложно. Волков выдает их примечательный габитус. Брюшко у них овальное, а карапакс, то есть спинной щит, грушевидный. Расположение глаз у этого семейства является отличительным признаком. Ближе к хелицерам лежит ряд из четырех мелких глаз, а над ними пара больших и крупных. По краям карапакса можно заметить еще одну пару некрупных глаз. Взгляд таких пауков очень умиляет, ведь у них есть симпатичные крупные глаза по центру (рис. 11).



Рис. 11. Глаза *Trochosa terricola* (фото В.М. Карцева)

Зачастую ликозиды имеют окрас, который позволяет им сливаться с почвой. Пожалуй, одним из самых примечательных представителей этого семейства в нашей стране можно считать тарантула (*Lycosa praegrans*) (рис. 12, 13). Особи этого вида любят строить норки у берегов теплого моря. В норках волки караулят добычу. Благодаря расцветке восьмилатые охотники прекрасно сливаются с окружением и остаются незамеченными в своих логовищах.



Рис. 12. *Lycosa praegrans* с добычей (фото В.М. Карцева)

Одно время мне доводилось содержать в неволе этот вид паука. Кормил его с пинцетика насекомыми, ведь он охотно принимает лакомства у своего хозяина. В качестве субстрата была использована влажная почва, а иногда – рыхлая глина. Субстрат необходимо было периодически увлажнять, но, как писал Шекспир, в чувстве меры – истинное благо.



Рис. 13. *Lycosa praegrans* на субстрате (фото В.М. Карцева)

К сожалению, а, быть может, и к счастью, согласно постановлению правительства РФ № 795 от 22 июня 2019 г. все виды тарантулов на сегодняшний день запрещены для содержания. Наверное, это к лучшему, таким образом, представители рода ликоза не будут отлавливаться любителями разведения диких животных для нелегальной продажи. Но

не стоит отчаиваться, ведь этих прекрасных животных легко можно повидать в естественной среде, которая охватывает южную полосу нашей страны.

При встрече с тарантулом нужно вести себя довольно аккуратно, ведь такие пауки, как, например, *Lycosa singoriensis* (один из видов русской фауны пауков), могут прокусить кожу человека. Сама интоксикация не особо страшна, ведь яд этих пауков слабый, но укус болезненный, сравним с нападением крупных жалящих перепончатокрылых (шмелей или шершней). К счастью, мне не доводилось испытать «удовольствие» от укуса тарантула, но очевидцы описывают вонзание хелицер в кожу как довольно неприятный процесс.

Наверное, стоит сказать, что грозный на вид паук обладает мирным характером. Поэтому атакует он только тогда, когда его действительно обижают. Исходя из этого, можно сделать вывод, что хватать руками этот вид не стоит, так как он сможет за себя постоять.

В жестоком мире дикой природы животное должно уметь хорошо прятаться. Хищники прячутся, чтобы настичнуть свою добычу, а их жертвы маскируются,

чтобы выжить. Паукам же необходимо выполнять эти две жизненно необходимые задачи одновременно. Они должны добывать пищу, нападая на других животных, и при этом самим не оказаться в пасти врага. У этих крохотных созданий много врагов: наездники, лягушки, насекомоядные птицы и другие. На моих глазах несчастного тенетника парализовала оса и отделила конечности от тела, забрав трупик паука с собой.

Гуляя по лугу, можно взглядеться в высокотравные заросли и постараться найти в них настоящих плутов, сливающихся с побегами растений. Разглядеть паука на стебле травинки – настоящая удача, которая приведет в восторг каждого любителя природы, тем более юного. Пауков можно встретить на растениях разных семейств: сложноцветных (Compositae), кипрейных (Onagraceae), розоцветных (Rosaceae) и зонтичных (Apiaceae). Вглядитесь в просторы лугов и найдете там целый мир, полный загадок и завораживающих персонажей!

В статье были использованы фотографии В.М. Карцева. Автор и редакция благодарят его за предоставленные материалы.



Рис. 14. (Рисунок М.В. Михеевой)



Синяков Тимофей Александрович

Учащийся 10 класса ГБОУ г. Москвы «Покровский квартал»

Мишулин Артем Александрович

*Аспирант института биологии и экологии ВлГУ, учитель биологии
МАОУ г. Владимира «Гимназия №35»*



За грибами... в весенний лес!

Мы привыкли собирать грибы поздним летом или даже осенью. Однако и весной грибнику есть чем поживиться! «Кто ходит в гости по утрам, тот поступает мудро», а кто пойдет за грибами весной, того ждут сюрпризы – не всегда съедобные, но уж точно удивительные.

Грибные подснежники! Как-то даже не верится. Зарождаясь в ледяной весенней земле, сморчки будут нести эстафету по апрелю и маю, чтобы передать её беленьким дождевикам, бархатным подосиновикам, дружным ранним маслятам.

В.А. Солоухин, «Третья охота»

Массовое появление грибов бывает в июне, однако их собирают и раньше, с самой весны: через 15–20 дней после того, как сойдет снег в лесу, уже можно найти сморчки.

Н.Д. Сысоев, «Встречи с природой»

Грибы... Услышав это слово, большинство людей сразу вспоминают боровики, подосиновики, лисички, опята, рыжики, грузди и другие излюбленные объекты «тихой охоты». Большинство грибов, которые использует в пищу человек, являются шляпочными грибами и относятся к так называемым **базидиальным**

грибам, или **базидиомицетам**. Базидиомицеты – крупный, но не самый многочисленный по видовому разнообразию отдел грибов. Первое место на данной доске почёта принадлежит менее известной (конечно же, для неспециалиста), но очень интересной группе грибов – **аскомицетам**, или **сумчатым грибам**.

Отдел аскомицеты насчитывает свыше 60000 видов грибов. Своё название сумчатые грибы получили по особенностям строения и размножения: если срезать тонкий слой гриба из этой группы и рассмотреть его под микроскопом, то можно увидеть внутри или на поверхности плодового тела микроскопические вытянутые мешочки – так называемые **сумки**. В сумках (**асках**) у сумчатых грибов происходит созревание спор.

Аскомицеты очень разнообразны по своему строению и экологическим особенностям. К сумчатым грибам относятся дрожжи, многие грибы-паразиты растений (например, возбудители «мучнистой росы» крыжовника или дуба), виды с крупными плодовыми телами различной формы и окраски (самыми известными среди них являются лопастники, сморчки и строчки), грибы, паразитирующие на насекомых и образующие на их телах причудливые головчатые стромы, виды с подземным образом жизни (трюфели) и пр.

Сумчатые грибы широко распространены в природе практически во всех географических областях и природных зонах (от тундр до экваториальных лесов) и развиваются на всех доступных для грибов субстратах – почве, отмершей древесине и коре, листовом опаде, травянистых растениях, экскрементах животных и пр. Некоторые группы аскомицетов заняли своеобразные экологические ниши, недоступные для других грибов: например, группа кератинофильных аскомицетов развивается на субстратах животного происхождения, содержащих белок кератин, а некоторые паразитические кордицепсы растут на плодовых телах трюфелей. Ряд аскомицетов являются обитателями морей и пресных водоёмов, развиваясь на погружённой в воду древесине. Среди сумчатых грибов есть **микоризообразователи**, вступающие в **симбиоз** с листовыми и хвойными видами деревьев. И именно аскомицеты являются «грибным компонентом» большинства лишайников.

В природе многие виды сумчатых грибов активно участвуют в разложении

и минерализации органических веществ, особенно в переработке растительных остатков, содержащих целлюлозу. Роль этих грибов в жизни человека весьма значительна. Аскомицеты могут быть причиной плесневения и порчи разнообразных материалов и изделий, а также продуктов питания. Многие представители этого отдела имеют большое экономическое значение: дрожжи используются в хлебопечении и алкогольной промышленности, трюфели и сморчки употребляются в пищу, ряд видов полезен как производители различных веществ для нужд медицины, пищевой промышленности и сельского хозяйства – антибиотиков, алкалоидов, гиббереллинов, витаминов, ферментов, белков. Среди аскомицетов немало видов, являющихся паразитами растений, грибов и животных. У человека паразитические сумчатые грибы вызывают различные заболевания кожи и органов дыхания.

Особую группу сумчатых грибов составляют **дискомицеты**. К дискомицетам относятся грибы с **плодовыми телами** – **апотециями**, напоминающими блюдца, бокалы, кубки или чаши различных размеров и окраски (у некоторых дискомицетов плодвое тело делится на ножку и шляпку). Дискомицеты – очень разнообразная группа грибов, широко представленная в лесах средней полосы России. Среди них немало интересных видов, развивающихся весной, с начала апреля до конца мая. Эти грибы по праву можно назвать «подснежниками». Познакомимся с некоторыми видами дискомицетов, которые можно найти во время прогулки или экскурсии по весеннему лесу.

Во второй половине апреля в сырых низинных местах, оврагах, заросших ивой и ольхой, встречаются грибы из рода **саркосцифа**. Ярко-красные аптеции саркосцифы весьма приметны. В англоязычных странах этот гриб называют «алой эльфийской чашей» («scarlet elf-cup»). В одном справочнике, посвящённом грибам, плодовые тела саркосцифы автор сравнил с «пламенно-горящими угольками». Грибы данного рода распро-

странены на территории Европы, Северной Америки, Южной Америки, Африки, тропической Азии. В средней полосе России встречаются два вида саркосциф – **саркосцифа австрийская** (*Sarcoscypha austriaca* (O. Beck ex Sacc.) Boud.) (рис. 1) и **саркосцифа ярко-красная** (*Sarcoscypha coccinea* (Scop.) Lambotte). Внешне они очень похожи, и различить их под силу лишь специалисту. Плодовые тела саркосциф развиваются одиночно либо небольшими группами по 2–5 апотециев на погружённой в почву древесине. Форма плодового тела варьирует от бокаловидной до чашевидной, размер – от 1 до 5 см в диаметре. Ножка гриба погружена в почву. Внешняя поверхность плодового тела – беловатая или розовая, покрыта волосками, внутренняя – красная или (в редких случаях у саркосцифы австрийской) желтоватая. Мало кто знает, что саркосцифы вполне съедобны и используются для жарки, соления и сушки.



Рис. 1. Саркосцифа австрийская (*Sarcoscypha austriaca* (O. Beck ex Sacc.) Boud.)

Ещё один весенний вид дискомицетов, встречающийся в наших лесах – **урнула бокальчатая** (*Urnula craterium* (Schwein.) Fr.) (рис. 2) из семейства Саркосомовые (Sarcosomataceae). Бокаловидные апотеции этого гриба можно найти в мае, в смешанных и лиственных лесах. Развивается урнула на погребённой в почву древесине лиственных видов деревьев. Плодовые тела этого гриба до 5–6 см высотой; наружная поверхность

апотециев – серая или черновато-коричневая, внутренняя – чёрная. Вид распространён в Северной Америке и Европе. Урнула бокальчатая встречается нечасто, но иногда довольно большими группами плодовых тел. Гриб несъедобен.

У урнулы бокальчатой есть родственник, относящийся к тому же семейству дискомицетов, – **саркосома шаровидная** (*Sarcosoma globosum* (Schmidel) Rehm) (см. рис. 2). Внешний вид данного гриба очень необычен, даже немного фантастичен. Апотеции этого гриба от 6 до 12 см в высоту и до 15 см в ширину, шаровидные, бочонковидные или луковичевидные, коричневого цвета. Внешняя поверхность плодового тела мягкая, сморщенная, бархатистая. В верхней части апотеция расположен округлый, плотный тёмно-коричневый диск. Внутри гриб заполнен студенистой желеобразной беловатой массой. Саркосома шаровидная произрастает на почве в хвойных и смешанных лесах с начала апреля до конца мая. Особенно часто саркосому можно найти в ельниках. Встретить в лесу этот гриб – большая удача: особенностью саркосомы является то, что плодовые тела этого вида дискомицетов появляются очень нерегулярно, с интервалом в несколько лет (иногда между находками данного гриба на определённом участке может пройти 8–10 лет). Саркосома шаровидная – редкий гриб, включённый в Красную книгу Российской Федерации (категория 2 – «вид, сокращающийся в численности»).

Вне всякого сомнения, самыми известными весенними грибами являются **сморчки** и **строчки**. Эти роды грибов также относятся к дискомицетам, правда в отличие от большинства грибов этой группы, плодовые тела – апотеции у них не блюдцевидные или чашевидные, а чётко разделённые на ножку и шляпку. Нередко неопытные грибники путают эти грибы. Но различить их довольно просто: у сморчков (род *Morchella*) шляпки вытянутые, яйцевидные или конические, а у строчков (род *Gyromitra*) – округлые, бесформенные, мозговидные.



Рис. 2. Урнула бокальчатая (*Urnula craterium* (Schwein.) Fr.) и саркосома шаровидная (*Sarcosoma globosum* (Schmidel) Rehm)

Сморчки растут в смешанных и хвойных лесах, на опушках, полянах, гарях с апреля по май. Типичные виды сморчков, встречающихся в наших лесах, – **сморчок настоящий** (*Morchella esculenta* (L.) Pers.) и **сморчок высокий** (*Morchella elata* Fr.) (рис. 3). Необычный облик сморчков с их ячеистыми, складчатыми шляпками весьма необычен. Русский писатель и большой любитель грибов В.А. Солоухин в своей книге «Третья охота» так отзывался о сморчках: «Сморчок для меня нечто таинственное. Подозреваю, что этот гриб, так же как папоротник или хвоц, – пережиток, остаток иных эпох, иного состояния земли. Недаром он растёт одновременно с цветением волчьего лыка, реликтового ископаемого кустарничка».

Путать сморчки и строчки ни в коем случае не следует: если сморчки вполне съедобны, то строчки содержат очень сильный яд – **гиромитрин**, поражающий печень и нервную систему. Причём количество токсина в строчках, по-видимому, зависит от региона произрастания – в некоторых районах Европейской части России строчки собирают и употребляют в пищу (чего мы делать не советуем, вне зависимости от региона вашего проживания!), а в странах Западной Европы строчки считаются смертельно ядовитыми грибами, и их сбор запрещён. Помимо **строчка обыкновенного** (*Gyromitra esculenta* (Pers.: Fr.) Fr.), часто мас-

сово растущего на песчаных почвах в хвойных, особенно сосновых лесах с апреля по май, в средней полосе России можно встретить **строчок гигантский** (*Gyromitra gigas* Krombh.) (см. рис. 3), шляпка которого может достигать диаметра до 30 см!

К семейству Сморчковые (Morchellaceae), помимо самих сморчков, относится и **сморчковая, или богемская шапочка** (*Verpa bohemica* (Krombh.) Schroet.) (рис. 4). Своё русскоязычное название этот гриб получил благодаря некоторому внешнему сходству со сморчками и свободно сидящей на ножке шляпке. Шляпка у гриба колокольчатая, не приросшая к ножке краем, желтовато-коричневая или буроватая, с продольными волнистыми складками. Ножка – до 12 см в высоту и до 2 см толщину, беловатая или охряная, мелкочешуйчатая, вначале плотная, а затем полая. Растёт сморчковая шапочка на почве в светлых лиственных лесах, особенно с липой и осиной, в апреле-мае.

В средней полосе России произрастает также **шапочка коническая** (*Verpa conica* (O.F. Müll.) Sw.) (см. рис. 4). Внешне этот вид дискомицетов несколько напоминает сморчковую шапочку, но отличается от неё более миниатюрными размерами. Шляпка у конической шапочки маленькая, колокольчатая, желтовато-коричневая, будто бы смятая. Ножка цилиндрическая, гладкая, хруп-



Рис. 3. Сморчок высокий (*Morchella elata* Fr.) и строчок гигантский (*Gyromitra gigas* Krombh.)



Рис. 4. Сморчковая шапочка (*Verpa bohemica* (Krombh.) Schroet.) и шапочка коническая (*Verpa conica* (O.F. Müll.) Sw.)

кая, кремово-белого цвета. Растёт этот вид грибов в сырых лиственных и смешанных лесах, часто вместе со сморчковой шапочкой. Оба вида шапочек относятся к условно-съедобным грибам и

пригодны в пищу после непродолжительного отваривания.

Вот такие интересные находки можно сделать в весеннем лесу. Главное – знать, что ищешь.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Класс Предельных Углеводородов

В удивительном Мире Органической Химии жили-были разнообразные существа – Органические Вещества (так их называют в нашем мире). Их было много, хороших и разных, активных и не очень, но каждое по-своему интересно.

Мы, люди, делаем с ними то, что мы делаем постоянно: классифицируем. И теперь Вещества живут отдельными народами. И у каждого народа свой менталитет, свои особенности воспитания, свои друзья.

Народов немало, и представителей каждого тоже хватает. Поэтому народы делятся на классы. Кто более благородный, более инертный, тот является элитой, основой. Кто поживее, те в других классах, пониже рангом.

Продолжение на с. 43



Медицина



Александрова Екатерина Анатольевна
Студентка 3 курса РУДН, направление «Лечебное дело»

Основные принципы микробиологической диагностики, или чем занимаются микробиологи

Медицинская микробиология – это самая что ни на есть прикладная наука. Микробиологи не только изучают строение, свойства и особенности возбудителей заболеваний, но и принимают ведущее участие в постановке диагноза. Именно эти специалисты подтверждают или опровергают предположение врача-терапевта. Порой от качества и скорости работы микробиологической лаборатории зависят жизни сотен и тысяч пациентов. Для лучшего понимания рассмотрим данный вопрос на конкретном примере.

Общие представления о взаимодействии врача и микробиологической лаборатории

К врачу общей практики обращается пациент со следующими жалобами: повышение температуры до 39 градусов; кашель с мокротой зеленоватого оттенка; затрудненное дыхание; при аускультации выслушиваются крепитации¹ в области нижней доли правого лёгкого; пациент заболел после купания в проруби, первые симптомы недомогания появились 5 дней назад. На основании симптомов, опроса и результатов

аускультации **врач ставит предположительный диагноз:** пневмония.

Пневмонию могут вызывать самые разные возбудители. Для каждого типа пневмонии характерны особые симптомы. Наш терапевт предполагает, что у пациента «типичная» пневмония, которая вызывается микроорганизмом *streptococcus pneumoniae* (пневмококком). При этом слово «типичная» не указывается в диагнозе, а подразумевается

¹ Аускультация – процесс «выслушивания» органов с помощью стетофонендоскопа (специальный прибор для проведения и усиления звука). Крепитации – тонкие по звучанию хрипы, возникающие при скоплении жидкости в альвеолах лёгких.

по умолчанию. Если бы у пациента подозревались пневмония, вызванная вирусом, диагноз звучал бы как атипичная вирусная пневмония. Итак, врач поставил пациенту (типичную) пневмонию. Данный диагноз является **предварительным** и требует подтверждения. Однако уже сейчас пациенту назначаются антибиотики широкого спектра действия (например, амоксициллин) для предотвращения распространения инфекции. На постановку окончательного диагноза уйдет несколько дней, но откладывать лечение нельзя, так как пневмония – очень опасное заболевание. После того, как будет выяснена точная причина болезни, лечение можно скорректировать.

Далее следует **сбор материала для микробиологической диагностики**.

Для подтверждения диагноза необходимо доказать, что в лёгких пациента действительно имеется возбудитель предполагаемого заболевания – *Streptococcus pneumoniae*. Какой материал следует взять на исследование? В нашем случае с большей вероятностью возбудителя можно найти в мокроте пациента. В иных случаях искать возбудителя можно в крови, моче, кале, на слизистых оболочках (специальной палочкой собирают слезы со стенок ротовой или носовой полости).

Врач просит пациента собрать мокроту. При этом необходимо соблюдать следующие правила. Во-первых, сбор мокроты необходимо проводить утром, после чистки зубов, но до принятия пищи. Во-вторых, необходимо минимизировать попадание слюны в мокроту. Данные правила помогают избежать попадания в исследуемый материал бактерий, не имеющих к нему отношения, а значит, результаты исследования будут более точными и достоверными.

Терапевт направляет материал на исследование в микробиологическую лабораторию с просьбой проверить её на наличие *Streptococcus pneumoniae*. Важно понимать, что мокроту пациента населяет бесчисленное множество самых разных бактерий. Микробиолог не в состоянии изучить всех «обитателей» – на это

уйдут месяцы, поэтому врач должен указать конкретного возбудителя, которого стоит искать (рис. 1).

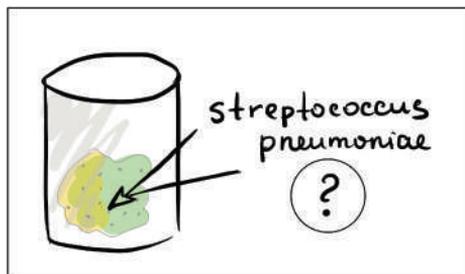


Рис. 1. Streptococcus pneumoniae – главный «подозреваемый». Врач направляет мокроту на микробиологическое исследование с целью выявления этого возбудителя

Микробиологическое исследование более подробно будет описано во второй части статьи. На него уходит от трех-четырех дней до нескольких недель в зависимости от возбудителя. В последнем случае сначала будут использованы методы экстренной диагностики (по возможности), чтобы оперативно поставить заключительный диагноз и начать корректное лечение. Например, холерный вибрион, возбудитель холеры, требует очень долгого исследования. Так как холера является особо опасной инфекцией, лечение следует начинать незамедлительно; однако с эпидемиологической точки зрения целесообразно, помимо менее точной экспресс-диагностики, провести более надежную классическую микробиологическую диагностику. Это необходимо для принятия решения относительно карантинных мер, не говоря уже о том, что даже один случай заболевания холерой в стране требует отчета перед Всемирной организацией здравоохранения.

На поиск возбудителя пневмонии уходит три-четыре дня, после чего лаборатория может дать ответ относительно предположения терапевта.

Существует всего две формулировки, которые могут выразить **результат микробиологического исследования**:

- В исследуемом материале был обнаружен *streptococcus pneumoniae*.

- В исследуемом материале не был обнаружен *streptococcus pneumoniae*.

В первом случае предположение врача оказывается верным, во втором случае – ошибочным. Что происходит, если врач допустил ошибку? Диагностика продолжается – врач обращает внимание на особенности течения болезни, собирает дополнительную информацию, проводит инструментальные исследования, после чего формулирует новое предположение, и все начинается сначала (если позволяет время).

Однако даже если предварительный диагноз оказывается верным, врач корректирует лекарственную терапию – вместо антибиотиков широкого спектра действия (которые действуют на множество возбудителей) пациенту назначаются более «прицельные» препараты. Дело в том, что при обнаружении возбудителя микробиологи проверяют его чувствительность к антибиотикам, то

есть выясняют, какой лекарственный препарат обладает наибольшей эффективностью (рис. 2). Чуть подробнее тема антибиотиков будет затронута во второй части статьи.



Рис. 2. Результаты микробиологического исследования, два варианта исхода

Таким образом, при постановке диагноза решающее слово остаётся за микробиологами – эти специалисты подтверждают или опровергают диагноз врача, а также дают ему представление об эффективности антибактериальных препаратов в отношении обнаруженного возбудителя.

Микробиологическое исследование

Как только биологический материал (в нашем случае – мокрота) попадает в микробиологическую лабораторию, с ним сразу начинают работать. Рассмотрим весь процесс поэтапно.

Первый день.

В мокроте пациента находится огромное количество бактерий. Из этого разнообразия микробиологу нужно найти предполагаемого возбудителя. Для начала мокроту разводят в несколько раз, чтобы снизить концентрацию микробных клеток. Далее происходит посев материала: специальной микробиологической петлей мокроту размазывают по питательной среде, распределяя бактериальные клетки по ее поверхности (рис. 3). Питательная среда – это пища для бактерий, она необходима для их размножения. Емкость с бактериями (она называется чашка Петри) ставят в термостат – прибор, в котором поддерживается постоянная температура, – на 24 часа при температуре +37 градусов.

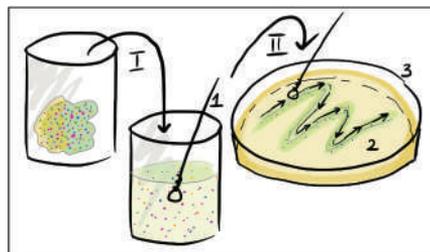


Рис. 3. I – разведение биологического материала; II – посев материала на питательную среду с помощью бактериологической петли; 1 – бактериологическая петля; 2 – питательная среда; 3 – чашка Петри

Второй день.

Через 24 часа невидимые бактериальные клетки визуализируются, так как каждая клетка за это время успела поделиться огромное количество раз и образовала колонию – скопление микроорганизмов одного вида, образующееся при размножении одной клетки (рис. 4.1).

Важно, чтобы колонии располагались на питательной среде изолированно, не сливались друг с другом – в противном случае объективно неясно внешний вид колонии будет непозвонно. Именно по этой причине в первую очередь происходит разведение мокроты – если этого не сделать, концентрация микробных клеток будет очень велика, и вместо отдельных колоний мы получим одно большое скопление всех представителей микромира, обитающих в нашем материале (рис. 5).

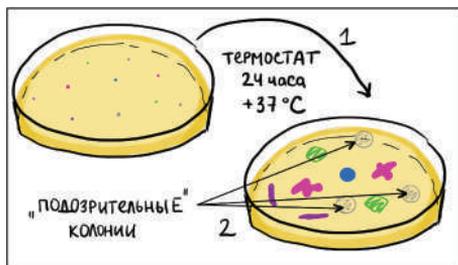


Рис. 4. 1 – образование колоний отдельными бактериальными клетками; 2 – «подозрительные колонии»

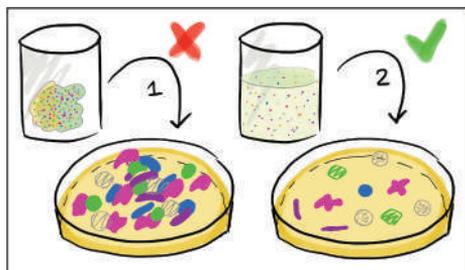


Рис. 5. 1 – при посеве неразведенной мокроты на питательную среду образуется огромное количество колоний (так как исходная концентрация бактериальных клеток очень велика), они смешиваются друг с другом; 2 – при посеве разведенной мокроты образуются изолированные колонии, которые можно использовать для дальнейших исследований

Микробиолог рассматривает колонии – все они отличаются по форме, размеру, структуре поверхности, цвету. Из них он выбирает «подозрительные» – это

колонии, по всем характеристикам соответствующие колониям пневмококка (мелкие, округлые, бесцветные) (рис. 4.2). Если подобные колонии обнаруживаются, исследование продолжается; в противном случае уже на этом этапе предположение врача опровергается – пневмококк в пробе отсутствует.

Далее «подозрительные» колонии подвергаются более тщательному исследованию. Их рассматривают под микроскопом, обращают внимание на форму и размер бактериальных клеток. При микроскопии видно, что пневмококк имеет овальную форму, клетки располагаются парами (рис. 6). Если в «подозрительной» колонии наблюдается подобная картина – исследование продолжается.

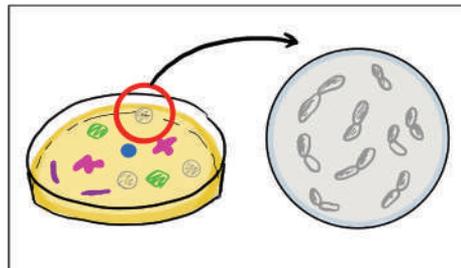


Рис. 6. Схематичное изображение streptococcus pneumoniae при микроскопическом исследовании

Каждый вид бактерий имеет свой набор уникальных характеристик – параметры колоний и отдельных клеток, особенности строения клеточной стенки, способность разлагать белки и углеводы и много других. На некоторых мы остановимся более подробно. Но следует понимать, что подтвердить наличие пневмококка в мокроте лаборатория имеет право только в случае совпадения всех указанных характеристик найденной бактерии с теоретическими сведениями о ней. Если выписать на лист бумаги все теоретические характеристики streptococcus pneumoniae, то при исследовании микробиолог должен найти такую колонию, для которой все эти характеристики будут истинными. Специалист должен последовательно рассмотреть все теоретические позиции и напротив каждой по-

ставить «галочку» (рис. 7). Если хотя бы один из параметров не обретёт своего подтверждения, ответ лаборатории относительно присутствия предполагаемого возбудителя в материале будет отрицательным. Выше мы уже рассмотрели параметры колоний и внешнего вида бактериальных клеток.

Допустим, данные характеристики «подозрительной» колонии совпадают с таковыми для пневмококка. Две «галочки» уже стоят, поэтому исследование продолжается.



Рис. 7. Принцип микробиологической диагностики

После рассмотрения «подозрительной» колонии изучают строение клеточной стенки бактерии. Существует два основных типа её строения. Если упрощённо, то одни бактерии имеют толстую, многослойную клеточную стенку (их называют грамположительные или Грам +), другие – тонкую (граммотрицательные или Грам –) (рис. 8). *Streptococcus pneumoniae* является грамположительной бактерией. Необходимо проверить, какой тип клеточной стенки у бактерий из исследуемой колонии.

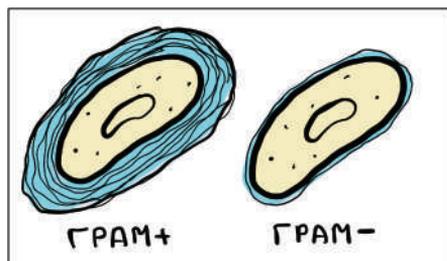


Рис. 8. Типы строения клеточной стенки бактерий

Для выявления свойств клеточной стенки бактерий проводят окрашивание по Граму. Небольшое количество бактерий из колонии переносят на предметное стекло и проводят исследование по следующей схеме:

1. Окрашивание генцианвиолетом (синий краситель). Бактерии визуализируются, окрашиваясь в синий цвет.

2. Обработка раствором Люголя (необходима для дополнительной фиксации красителя).

3. Промывание стекла сначала спиртом, затем – водой. На этом этапе станет понятно, какую клеточную стенку имеют исследуемые бактерии. Грамположительные бактерии, имеющие толстую, многослойную клеточную стенку, очень прочно связывают краситель. Он проникает в толщу клеточной стенки, поэтому промывание спиртом не даёт никакого визуального результата – цвет бактерий остаётся синим. Тонкая клеточная стенка грамотрицательных бактерий плохо фиксирует краситель, поэтому он легко вымывается спиртом, и бактерии обесцвечиваются (рис. 9.1).

4. Окрашивание фуксином. Для большей визуализации пробу докрасивают розовым красителем. При этом обесцвеченные клетки грамотрицательных бактерий приобретают розовую окраску (рис. 9.2), а грамположительные бактерии остаются сине-фиолетовыми (в их клеточной стенке уже есть синий краситель).

Таким образом, в итоге грамположительные бактерии имеют синюю окраску, грамотрицательные бактерии – розовую. Допустим, наш образец окрасился в синий цвет – значит, в образце присутствуют бактерии с толстой клеточной стенкой, что соответствует предполагаемому возбудителю.

Теперь, когда проверены все вышеописанные параметры, мы приступаем к выделению чистой культуры. Чистая культура – это совокупность микроорганизмов одного вида, полученная из изолированной микробной колонии.

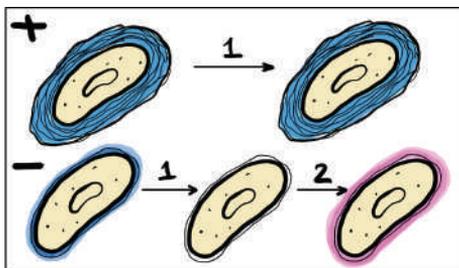


Рис. 9. Окраска по Граму.

1 – промывание спиртом (грамположительные бактерии удерживают краситель и остаются синими; грамотрицательные бактерии отдают краситель в промывной раствор и обесцвечиваются);
2 – докрасивание фуксином грамотрицательных бактерий

Из исследуемой колонии бактериологической петлей набирают небольшое количество бактерий и распределяют их по поверхности питательной среды в **новой** чашке Петри. Чашку ставят в термостат на 24 часа при температуре +37 градусов. После размножения бактерий исследователь получит большое количество материала для дальнейших исследований. При этом в чашке будут только потомки «подозрительной» колонии. Это и есть чистая культура (рис. 10).

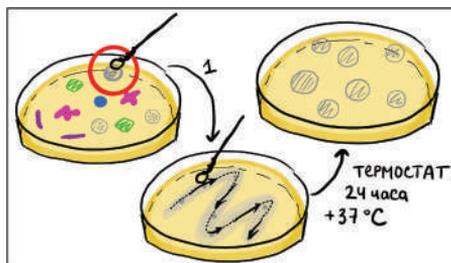


Рис. 10. Выделение чистой культуры. 1 – посев бактерий из «подозрительной» колонии на питательную среду

Выделение чистой культуры позволяет окончательно избавиться от всех сторонних видов бактерий, присутствующих в мокроте, и максимально повысить объективность дальнейших исследований.

Третий день.

На третий день микробиолог достаёт чашку Петри из термостата. На поверхности питательной среды он видит множество колоний. Все они по форме, размеру и консистенции соответствуют пневмококку; под микроскопом – овальные бактериальные клетки расположены парами; при окрашивании по Граму (контрольное окрашивание нескольких колоний) все бактерии приобретают синюю окраску. Итак, это действительно чистая культура – в чашке находятся исключительно потомки «подозрительной» колонии. Большое количество бактерий необходимо для постановки разнообразных реакций и проб.

На третий день изучаются ферментативные свойства бактерий:

- Способность разлагать углеводы (глюкозу, фруктозу, маннозу, галактозу и другие). При этом обращают внимание, как происходит разложение – только до кислоты или до кислоты и газа.
- Способность разлагать белки (при этом могут выделяться аммиак, сероводород, индол).
- Наличие у бактерий ферментов: каталазы, пероксидазы.
- Специфические реакции.

Микробиолог сопоставляет результаты всех исследований с теоретическими представлениями о *streptococcus pneumoniae*. Если все признаки совпадают, мы понимаем, что в чашке Петри действительно находятся колонии пневмококка (предположение терапевта оказывается верным). Однако, прежде чем писать заключение по исследованию, необходимо проверить чувствительность данного возбудителя к антибиотикам. Антибиотики – это препараты, под действием которых происходит уничтожение бактерий – возбудителей заболеваний. Микробиологи могут проверить, какой антибиотик действует на возбудителя заболевания наиболее эффективно – это поможет врачу назначить правильное лечение. На этом микробиологическая диагностика завершается.

На сотрудниках лаборатории лежит большая ответственность. От качества и скорости их работы зависит здоровье пациента. Многоэтапность исследования и сложность методик требуют от микробиолога постоянной концентрации и со-

бранности, ведь параллельно изучается материал от нескольких больных.

Интересно, что врач и микробиолог обычно не знают друг друга лично, но слаженная работа этих специалистов порой творит чудеса!

Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

Другие миры. Предельный мир

Учёные считают, что наш мир далеко не единственный, что Земля не единственная планета, на которой зародилась жизнь. Есть ещё миллионы, а может, и миллиарды других галактик и параллельных миров, и там тоже есть жизнь, однако, она сложилась совершенно иначе.

Перенесёмся в один из таких параллельных миров, в котором живут предельные углеводороды. Он называется «Предельный мир».

Первое, что бросается в глаза – это количество и многообразие обитателей этого мира, их тысячи тысяч, и постоянно появляются новые, практически каждую секунду. Их видовое разнообразие удивило бы любого биолога с Земли. Как и на всех планетах, где есть жизнь, там есть более развитые, менее развитые и всё ещё происходит процесс усложнения жизни, эволюция до сих пор трудится. Мы можем увидеть самого примитивного представителя этой планеты – Метана. У него нет таких возможностей, как у других, более сложных.

Чтобы понять, что же может этот малыш, надо знать: несмотря на то, что мир называется Предельным, в нём обитают не только предельные углеводороды. Там есть такие виды, как галогены, щелочные металлы, алкены и множество других.

Так вернемся же к Метану. Важно знать, что все углеводороды хотят стать более сложными. Метан – любитель погреться на солнышке, ему всегда там есть место, ведь он маленький и везде сможет пролезть. Солнечных мест на этой планете немного, и именно здесь начинают свой путь углеводороды, достигшие возраста, когда уже они готовы начать усложняться. Метан в их числе. Почему именно здесь, спросите вы. И ответ довольно прост. На солнце или при высоких температурах галогены распадаются на радикалы и могут взаимодействовать с предельными углеводородами. Некоторым углеводородам везёт, и они прямо здесь, превращаясь в радикалы, находят свою судьбу – другие радикалы углеводородов – и соединяются с ними, превращаясь в более сложный углеводород. Однако некоторым из них не везёт, и они не находят себе пары, поэтому в виде галогенпроизводного уходят и ищут свою судьбу в других местах.

Далее есть несколько путей, один из них – нахождение себе подобных на месторождениях Вюрца, по-другому их можно назвать залежами щелочных металлов. Такие месторождения редки в Предельном мире, но очень популярны, так как там ты без проблем можешь найти себе углеводород по вкусу. Некоторые же галогенпроизводные решают вести разгульную жизнь и веселиться, они идут купаться в горячие источники щёлочи и превращаются в спирты.

Полезное развлечение для экстремалов – крекинг. Те углеводороды, которые не хотят просто так проживать свою жизнь, а хотят получить как можно больше ярких ощущений, идут в пещеры, где высокое давление и температура. Там-то любители веселья получают все, что хотят. Но это возможно только для длинных углеводородов, так как низшим углеводородам просто недоступен этот процесс, и это верная смерть для них. Так, например, для Метана это способ разложиться на сажу и водород.

На планете есть кислородные гейзеры. Те углеводороды, которые не смогли, не решились, не успели развиваться, отчаиваются и решают сгореть в них. В последнее время отчаившихся углеводородов все больше и больше.

Жизнь на этой планете очень разнообразна, и мы рассмотрели лишь малую её часть.

Иван О.



Олимпиады



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.



Сигеев Александр Сергеевич

Кандидат химических наук, старший научный сотрудник химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, старший научный сотрудник Института элементоорганических соединений Российской академии наук (ИНЭОС РАН).



Химия на Интернет-олимпиаде СУНЦ МГУ 2020-21 для 9-10 классов

Продолжаем публикацию заданий и решений Интернет-олимпиады СУНЦ МГУ. В этом номере предлагаем материалы по химии для 9-10 классов.

Задания второго (отборочного) тура

Задача 1.

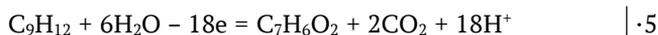
Какой коэффициент должен стоять перед окислителем в уравнении реакции



(Напоминаем, что Ph – общепринятое обозначение бензольного кольца).

Решение:

В кислой среде сильные окислители, такие как перманганат, дихромат и т. п., разрывают кратные связи полностью, и происходит окисление атомов углерода в



Ответ: 18.

Задача 2.

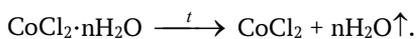
Чтобы определить состав кристаллогидрата хлорида некоторого элемента, его прокаляли на воздухе до постоянной массы, затем охладили продукт прокаливания в эксикаторе и взвесили. Оказалось, что из 4,04 г кристаллогидрата получилось 2,60 г продукта. Найдите формулу кристаллогидрата.



Решение:

По изменению цвета при прокаливании делаем вывод, что взят кристаллогидрат хлорида кобальта.

При прокаливании происходит дегидратация:



месте разрыва по всем свободным валентностям и всем атомам водорода. Таким образом, органическими продуктами будут углекислый газ CO_2 и бензойная кислота PhCOOH ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$).

Перманганат-ион в кислой среде восстанавливается до катиона Mn^{2+} .

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

В ответе запишите эту формулу. Индексы записывайте строчными цифрами, вместо точки используйте маленькую латинскую букву «x» (например: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$). Не забудьте использовать только латинские буквы и не ставьте пробелов!

Исходный кристаллогидрат (слева) и продукт прокаливания (справа):

$M(\text{CoCl}_2) = 130$ г/моль. Значит, в ходе реакции получилось количество хлорида кобальта:

$$v(\text{CoCl}_2) = m(\text{CoCl}_2)/M(\text{CoCl}_2) = 2,6/130 = 0,02 \text{ моль}.$$

Таким же, разумеется, было и количество взятого кристаллогидрата, а коли-



чество воды – в n раз больше. Масса выделившейся воды

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{кристаллогидрата}) - m(\text{CoCl}_2) = 4,04 - 2,60 = 1,44 \text{ г,}$$

это составляет

$$v(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O}) = 1,44/18 = 0,08 \text{ моль,}$$

что в $0,08/0,02 = 4$ раза больше количества CoCl_2 . Следовательно, формула кристаллогидрата $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Ответ: $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Задача 3.

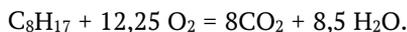
1) Средняя формула бензина А-92 C_8H_{17} . Автомобиль расходует на 100 км пути 7 л бензина (плотность 760 г/л). Сколько кубометров углекислого газа (н. у.) выбрасывает автомобиль, проехавший 100 км за час? Ответ дайте с точностью до сотых.

2) 1 гектар зеленого леса поглощает в солнечный день за 1 час 8 кг углекислого газа. Какая площадь леса (в гектарах, с точностью до целых) компенсирует по углекислому газу часовую поездку на автомобиле?

Запишите сначала первый ответ, затем поставьте один пробел и запишите второй ответ.

Решение:

1) Средняя молярная масса бензина $96+17 = 113$ г/моль.



1 моль бензина даёт 8 моль CO_2 , или 113 г бензина дают $22,4 \cdot 8 = 179,2$ л CO_2 .

7 л бензина весят $7 \cdot 760 = 5320$ г.

Углекислого газа из 7 л будет $179,2 \cdot (5320/113) = 8437$ л или $8,44 \text{ м}^3$.

2) 22,4 кубометра CO_2 весят при н. у. 44 кг. Тогда 8,44 кубометра весят $44 \cdot (8,44/22,4) = 16,6$ кг – это выброс углекислого газа на 1 час езды.

Если 1 га леса за час поглощает 8 кг CO_2 , то для поглощения 16,6 кг надо примерно $16,6/8 = 2,075 \approx 2$ гектара леса.

Ответ: 8,44 2.

Задача 4.

Расположите оксиды в порядке уменьшения прочности кристаллической решётки. Запишите получившийся порядок их номеров без пробелов и знаков препинания.

1) Cu_2O , 2) N_2O , 3) H_2O , 4) Li_2O .

Решение:

Чем прочнее кристаллическая решётка, тем выше температура плавления (т. е. её разрушения). N_2O – газ, значит, его кристаллическая решётка самая непрочная из перечисленных. H_2O – жидкость. Оксиды меди (I) и лития – твёрдые вещества. Обратимся к их температурам плавления: для Cu_2O 1242 °С, для Li_2O

179 °С. Таким образом, кристаллическая решётка Cu_2O самая прочная из перечисленных.

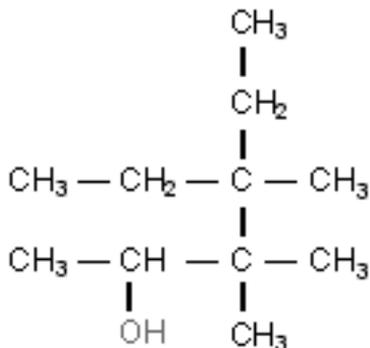
На самом деле, чтобы сделать этот вывод, не обязательно лезть в справочник за температурами плавления. Известно, что и оксид лития, и оксид меди (I) – основные. Но Li_2O легко растворяется в воде, реагируя с ней и давая щёлочь. А Cu_2O , имея существенно более прочную кристаллическую решётку, в воде не растворяется – напротив, образуется из неустойчивого CuOH при подщелачивании растворов Cu(I) .

Ответ: 1432.

Задача 5.

Дайте название изображенному веществу по систематической номенклатуре. Помните, что при записи названия пробелы

между знаками препинания (дефисы, запятые), буквами и цифрами не ставятся. Например: 3,4-диметилпентен-4-он-2.



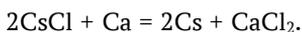
Задания третьего (заключительного) тура

Задача 1.

Это цезий в запаянной ампуле:



В промышленности цезий получают по реакции:



Эту реакцию проводят в вакууме.

1) Какой металл более химически активен – цезий или кальций?

2) Почему кальций вытесняет цезий из хлорида?

3) На каком свойстве цезия основано его применение в фотоэлементах?

4) Цезий сгорел в кислороде, продукт горения поместили в атмосферу углекислого газа. Напишите уравнения реакций.

Решение:

1) Цезий активнее кальция (на основании положения в таблице Менделеева – более активный металл цезий располо-

Решение:

Выбираем главную цепь. Она должна содержать функциональную группу OH и иметь наибольшую длину. Такая цепь состоит из 6 атомов. Нумеруем ее с того конца, куда ближе OH-группа. Углеродные заместители располагаем в алфавитном порядке и не забываем поставить *каждому* в соответствие число, обозначающее положение в цепи.

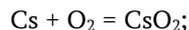
Ответ: 3,3,4-триметил-4-этилгексанол-2.

жен ниже и левее кальция; на основании электрохимического ряда напряжений – более сильный восстановитель в водном растворе, цезий левее кальция) (1 балл, объяснение не требуется).

2) Реакция идет, потому что из системы удаляется цезий, как самый летучий из реагирующих веществ (реакция протекает в расплаве, а цезий при этой температуре переходит в газообразное состояние) (1 балл).

3) Видимый свет легко выбивает электроны с поверхности цезия, содержащегося в фотоэлементах (1 балл). Атом цезия очень большой, внешние электроны удерживаются слабо.

4) Уравнения реакций (2 балла):



Если продуктом сгорания цезия записан оксид Cs_2O – это неверно. Кристаллическая решетка из двух больших катионов цезия и одного маленького оксид-аниона неустойчива. Образуется надпероксид (супероксид) с более подходящим соотношением количества и радиусов ионов. (Объяснение не требуется).

Итого 5 баллов.

Задача 2.

В учебнике Василия Федоровича Зуева «Начертание естественной истории, изданное для народных училищ Россий-

ской империи по высочайшему повелению царствующия императрицы Екатерины Вторья», описываются химиче-



ские вещества, которые он называет солями. Прочитайте цитату и ответьте на вопросы.

«Кислые Соли называются такие, кои существуют только в жидком виде или в пару; на вкус кислы будучи прилиты к Щелочным Солям или известковым камням и землям вскипают; голубой сок из прозябемых извлеченной переменяют в красной.

Горкая или Щелочная Соли суть, кои на вкус едки и противны; будучи примешаны к кислым, равным образом производят кипение; но голубой прозябаемый сок переменяют уже не в красной, а в зеленой. Оне находятся рухлыми козьями, кои сами собою на воздухе разсыпаются, или на поверхности осаждаются пылью. Щелочных Солей вообще два сорта, одна Постоянная, которая в воде разпускается, а в огне плавится и находится наиболее в Изкопаемом и Прозябаемом царстве, а частью и в Животном; другая Летучая, которая в легком жару улетает на воздух и находится больше в животных и прозябемых телах, а меньше в ископаемых».

1) Какие классы веществ описываются в данном отрывке? Приведите при-

меры веществ, относящихся к каждому из классов.

2) Какими свойствами обладает «голубой» сок, из прозябемых извлеченной? Как мы сегодня называем такие вещества?

3) Как вы думаете, что за Постоянные и Летучие Щелочные Соли имеет в виду автор? Какое вещество может скрываться под именем летучей щелочной соли?

Решение:

1) Исходя из описания, «кислые соли» – это кислоты, а «горкая или щелочная соли» – щелочи (основания), вероятно, также карбонаты щелочных металлов (1 балл). Примеры «кислых солей»: H_2SO_4 , HCl и др., примеры «щелочных солей» – $NaOH$, Na_2CO_3 и др. (1 балл, примеры могут быть любыми подходящими, достаточно привести по одному примеру).

2) Голубой сок изменяет цвет в зависимости от кислотности среды, т. е. он – индикатор (1 балл).

3) Постоянные щелочные соли – гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов, возможно, также карбонаты щелочных металлов. Летучие щелочные соли – аммиак, амины (2 балла).

Итого 5 баллов.

Задача 3.

Химик Вася нашел на свалке образец специального сплава. При обработке сплава водой он полностью растворяется, при пропускании через раствор углекислого газа выпадает осадок.

Предложите возможный качественный состав сплава, объясните свой выбор. Оцените диапазон соотношений компонентов, удовлетворяющий условиям задачи.

Решение:

Рассмотрим возможные варианты состава сплава.

Первый случай – сплав состоит из металлов, дающих растворимые или малорастворимые гидроксиды. К таким относятся щелочные и щелочноземельные (Ca, Sr, Ba) металлы. Но такие ме-

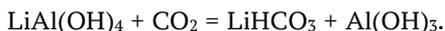
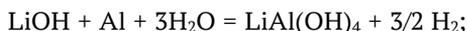
таллы имеют высокую химическую активность и в окружающей среде будут реагировать с воздухом. В результате на свалке такой сплав найти нельзя, он быстро окислится.

Второй случай – сплав состоит из щелочного металла и металла, удовлетворяющего следующему набору свойств: а) он имеет амфотерный гидроксид, б) он достаточно активен, чтобы взаимодействовать со щелочью. Это могут быть алюминий или цинк. В роли щелочного металла вероятнее всего будет выступать литий, как наименее активный из щелочных металлов. Действительно, сплавы алюминия с литием существуют и используются в промышленности. Они достаточно устойчивы к окислению возду-

хом, но в состоянии порошка могут раствориться в воде с образованием гидрокомплекса. Пропускание углекислого газа подкисляет раствор, и в осадок выпадает гидроксид алюминия/цинка.

Компоненты Li + Al или Li + Zn – за любой вариант 1 балл, оцениваются также другие разумные варианты. Обоснование – 2 балла.

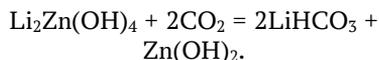
Уравнения происходящих процессов (3 балла):



Хорошо видно, что для образования гидрокомплекса по уравнению реакции нужно соотношение металлов 1 : 1 по молям (1 балл). Возьмем образец, в

котором 1 моль Al и 1 моль Li. Содержание алюминия в образце будет $27/(27+7) = 0,794$ или 79,4%. Надо отметить, что гидрокомплекс устойчив только в щелочной среде, значит, в идеале содержание алюминия должно быть меньше этой величины (1 балл).

Для сплава лития с цинком протекающие процессы выглядят так:



В этом случае соотношение лития и цинка должно быть 2 : 1. Рассчитаем содержание цинка в образце аналогичным образом: $65/(65+2\cdot7) = 0,823$ или 82,3% (меньше этой величины).

Итого 8 баллов.

Задача 4.

Представьте себе, что вы идете в метель по заснеженной степи и натываетесь на заброшенную лабораторию. Электричество и газ в ней отключены много лет назад, но сохранилось много посуды и, на ваше счастье, несколько коробок с твёрдой щёлочью и три трехлитровые бутылки, заполненные вязкими бесцветными жидкостями без запаха, растворимыми в воде.

Предположите, что это могут быть за жидкости. Рассмотрите разные варианты. Какие реактивы вам потребуются, чтобы различить эти жидкости? Какие жидкости помогут вам согреться и дождаться спасателей или хотя бы конца метели?

Решение

1) Для начала разберемся с жидкостями. Учитывая объём, это должен быть какой-то обычный лабораторный реактив. Если учесть отсутствие цвета и запаха, а также вязкость и растворимость в воде, то из неорганических веществ это могут быть концентрированные фосфорная или серная кислоты либо олеум (1 балл за 2 варианта или более).

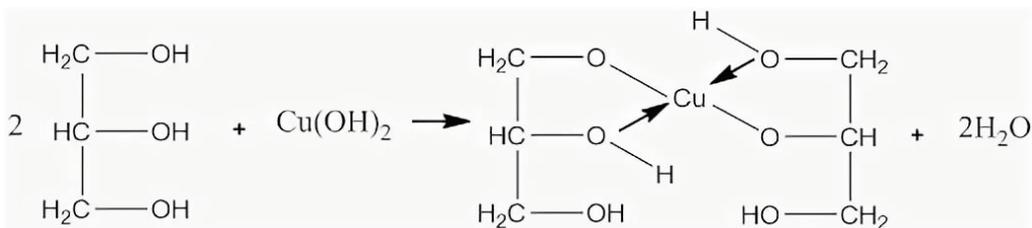
Из неорганических соединений возможен ещё пероксид водорода, но по условию задачи лаборатория заброшена несколько лет назад, а пероксид водорода со временем разлагается. Органические кислоты, одноатомные спирты и амины растворимы в воде, но имеют ярко выраженный запах.

Вероятны многоатомные спирты – глицерин, этиленгликоль (1 балл).

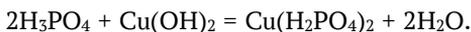
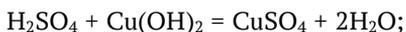
2) Для определения этих соединений необходим раствор индикатора, имеющего переход в кислой среде. Это позволит определить кислоты и отличить их, например, от глицерина (1 балл, если указан цвет индикатора в кислой среде)

Дополнительным признаком для кислот и олеума будет существенное нагревание при растворении (в качестве воды можно использовать снег снаружи).

Многоатомные спирты можно идентифицировать реакцией с гидроксидом меди (II) по образованию яркосинего раствора комплексного соединения (1 балл, уравнение реакции не требуется):



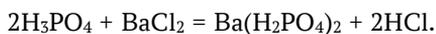
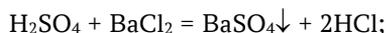
Кислоты при этом тоже будут реагировать с $\text{Cu}(\text{OH})_2$ с образованием раствора (но не ярко-синего!) (1 балл за верные уравнения реакций):



В концентрированных кислотах практически нет воды, поэтому ионы меди не гидратируются, и раствор бесцветен (1 балл). Растворение гидроксида меди в концентрированной фосфорной кислоте возможно, поскольку в огромном избытке кислоты образуется растворимый дигидрофосфат. Если кислота разбавленная, реакция не пойдет, т. к. гидрофосфат и средний фосфат меди нерастворимы.

Серную и фосфорную кислоты можно различить с помощью соли бария. При добавлении серной кислоты будет

выпадать сульфат бария, а в случае фосфорной образуется растворимый дигидрофосфат бария (2 балла, если приведены уравнения реакций):



3) Самый простой вариант согреться – если хотя бы в одной из бутылей находится кислота. Мы уже упоминали, что при растворении концентрированной фосфорной, серной кислот и олеума в воде выделяется тепло (1 балл). Большое тепловыделение происходит также при растворении в воде твёрдой щёлочи (1 балл).

Ещё один источник тепла – реакция нейтрализации (1 балл). Поэтому оптимальным вариантом в этом случае будет растворение кислоты в воде и прибавление твёрдой щёлочи к получившемуся раствору после окончания тепловыделения.

(Надо отметить, что количество тепла, полученного как в первом, так и во втором варианте, будет не слишком велико, и нагреть таким путем помещение не получится. Наилучшим путем будет создание грелок).

Многоатомные спирты использовать для согревания не получится.

Итого 11 баллов.

Задача 5.

Посмотрите видеоролик на <https://youtu.be/gGuS94s7IxI>.

Почему после наливания углеводов и встряхивания пробирок верхний слой ярко окрашивается?

Почему при освещении окраска исчезает? Почему она исчезает быстрее в одном из случаев?

Напишите уравнения обеих реакций, используя структурные формулы.

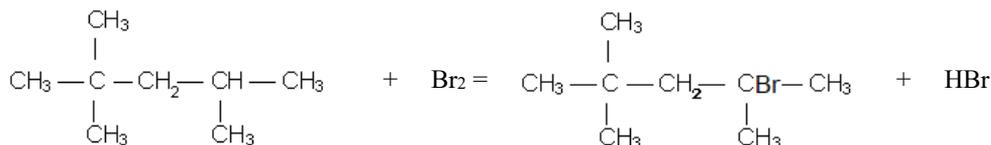
Что произойдет, если после окончания реакции снова встряхнуть пробирки?

Решение:

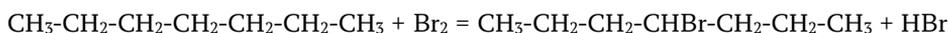
При встряхивании бром переходит в слой углеводорода, т. к. молекула брома

неполярна, и поэтому он лучше растворим в неполярных растворителях, чем в воде (1 балл).

При освещении окраска исчезает, т. к. бром расходуется на реакции с алканами (1 балл). С изооктаном реакция идет быст-



(бром вступает в замещение именно по третичному атому углерода);



(допускается замещение при любом вторичном атоме углерода).

Если снова встряхнуть пробирки, новая порция брома, оставшегося в водной фазе, перейдет в углеводород (1 балл). Будет наблюдаться окраши-

рее, потому что его молекула содержит третичные атомы углерода, и в это положение замещение проходит легче, чем по вторичным атомам углерода (1 балл).

Уравнивая реакции (по 1 баллу за каждую реакцию):

вание верхнего слоя (хотя не такое интенсивное, как в первый раз), а если осветить пробирки, опять пойдет реакция.

Итого 6 баллов.

Всего за комплект – 35 баллов.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Класс Предельных Углеводородов

К чему, собственно, заведён весь этот разговор? Итак, в Мире Органической Химии живёт народ, именующийся просто – Углеводороды. Они и живут просто, для жизни им нужно всего-то две вещи: углерод и водород. В других Мирах таких считают нищими. Но в этом их, наоборот, уважают, считают основателями всего, особенно их короля Метана. Говорят, что это как-то связано с экспериментом Миллера-Юри, но разговор не о нём.

В Углеводородах особо выделяется элита, про которую я и хочу рассказать подробнее, – Предельные Углеводороды, или Алканы. Они самые богатые из Углеводородов. У них по-прежнему есть обе необходимые вещи, но при этом их ровно столько, сколько нужно. Поэтому Алканы благородны, спокойны – от других им ничего не нужно.

Многие Алканы просты, прямолинейны. Но среди них есть и «хитрые», чьи души очень «разветвлены». Но это не отменяет их спокойствие и пассивность.

Немногие Вещества могут разбудить Алканы. Примером таких веществ служат известные среди всех остальных народов разбойники – Галогены. Но и с ними Алканы ведут себя достойно, и не каждому Галогену они по силам. Иод они вообще ни во что не ставят, а Брома стоит бояться только «хитрым». А вот Фтор, если приходит, то забирает у них всё, что есть.

Многим Веществам снятся кошмары про великие и ужасные Окислители. И в том числе Алканам. Но для них Окислители не так уж и страшны, только тогда, когда тепло. И то не все, а лишь такие, как Азотная Кислота.

Вот кого Алканы боятся, так это Кислорода. Он их самый главный кошмар. Он способен превращать их даже в Неорганические Вещества! Что иронично, из-за этого мы в основном и используем Алканы.

Иногда в характере Алканов происходят перемены, и они из «простодушных» становятся «хитрыми». Мы, люди, называем это изомеризацией. Помимо этого, они могут опускаться до других Алканов через сложные процессы крекинга и дегидрирования.

Среди Алканов выделяют особый «подкласс» их младших братьев, который иногда даже считают отдельным классом – Циклоалканы. Они менее благородны, чем соответствующие им старшие братья. Самые младшие из них вообще активны! Но те, кто постарше, во всём подражают настоящим Алканам.

На этом можно закончить наше путешествие в жизнь этого удивительного Класса Предельных Углеводородов, где самый пассивный – самый лучший, а самый бедный – самый уважаемый.

Артёмий Р.

**Кормщикова Илья Денисович**

Студент 4 курса химического факультета МГУ. Педагог Кировского областного государственного автономного образовательного учреждения дополнительного образования «Центр дополнительного образования одаренных школьников»

Задания Проектной химической олимпиады 2021-22 для 9 класса (1 тур)

Продолжаем публикацию заданий отборочного этапа IV Проектной химической олимпиады. Постарайтесь решить их самостоятельно, а уже потом заглядывать в решения.

Задача №1

В 2021 году исполняется 125 лет со дня рождения академика Семена Исааковича Вольфовича. Его работы в области химической технологии минеральных веществ были одними из первых в мире по своей новизне. Особенно велик вклад ученого в разработку технологии производства минеральных удобрений, содержащих элемент **X**. Вещество **X** получают длительным нагреванием смеси фосфата кальция, угля и песка в закрытых печах (реакция 1). Весьма интересными являются воспоминания современников:

С.И. Вольфович много работал с X. Газообразный X пропитывал одежду ученого, отчего та светилась в темноте голубоватым светом. Когда Вольфович выходил на улицу ночью, за ним собиралась толпа, принимавшая его за потустороннее существо.

Д.Н. Прянишников. Химия и жизнь, 1968, № 2, с. 25.

Другим широко известным изобретением Вольфовича является смесь **Q**.

На базе научно-исследовательского института удобрений и инсектофунгицидов уже в первые месяцы войны было организовано производство зажигательных средств для противотанкового оружия. Бутылки с самовоспламеняющейся жидкостью «КС» оказались наиболее эффективными. Эти жидкости представляли собой желто-зелёный или тёмно-бурый раствор простых веществ **X** и **Y** в бинарном веществе **Z** ($\omega(Y) = 84,21\%$), которое хорошо горит (реакция 2). Смесь имела низкую температуру кипения, время горения 2–3 мин, температуру горения до 1000 °С, а обильный белый дым при горении давал ещё и ослепляющий эффект. Именно эта жидкость **Q** и получила широко известное прозвище. О веществах жидкости дополнительно известно: **Y** представляет собой твёрдое вещество жёлтого цвета, горящее голубым пламенем с образованием **A** (реакция 3).

Вопросы:

1) Назовите вещества **X**, **Y**, **Z** и **A**. Ответ подтвердите расчётом.

2) Напишите уравнения реакций.

3) Объясните свечение одежды Вольфовича. Напишите уравнение реакции (реакция 4).

4) Элементы **X** и **Y** отличаются большим количеством аллотропных модификаций. Приведите не менее двух примеров

аллотропных модификаций для каждого элемента с описанием физических свойств. Ответ представьте в формате «название аллотропной модификации – свойства», например: «серо-буро-малиновый **X** – липкое вещество со сладким запахом».

5) Как называется жидкость **Q**?

6) Что представляет собой «обильный белый дым» при горении жидкости **Q**? Напишите формулу вещества.

Задача №2

Судoku – это популярная японская головоломка. В классическом судoku требуется заполнить свободные клетки цифрами от 1 до 9 так, чтобы каждое число встречалось один раз в строке, столбце и малом квадрате.

Вам предлагается сыграть в «химическое судoku» с использованием оксидов вместо чисел. Правила игры следующие: вам нужно предложить оксиды **X** и **Y**, которые способны реагировать с веществами в строке и столбце (рис. 1). Например, вещество **X** должно реагировать с веществами под номерами 1, 5, 6 и 7 (номера веществ указаны в верхнем правом углу клетки).

Вопросы:

1) Предложите оксиды **X** и **Y**.

2) Напишите уравнения попарных взаимодействий оксидов в строке и столбце (18 реакций), т. е. взаимодействий веществ «1+2», «2+3», «1+3» и т.д.

1	2	3
I_2O_5	BeO	CO
4	5	6
X	CaO	SO_3
7	8	9
Na_2O	SO_2	Y

Рис. 1. Химическое судoku

Задача №3

Однажды в одной химической лаборатории во время очередного многочасового синтеза юные химики-энтузиасты решили не терять время зря и заняться живописью. Только вот незадача – в лаборатории совсем нет красок и холстов. Но расчётливые химики с лёгкостью придумали, как решить проблему с помощью подручных средств.

Первое, что попало на глаза – стеклянный химический стакан. После нанесения на стакан защитного слоя его опустили в 35 %-ный раствор вещества **X**, содержащего элемент **G**. Получился продукт **B** ($\omega(G) = 79,17\%$) (реакция 1). Юные химики планировали получить простое вещество **M** (состоящее из элемента **G**) из вещества **X** путем электролиза водного раствора **X**, но в результате

электролиза образовались вещества **N** и **K** в объемном соотношении 1 : 2 (реакция 2). Через некоторое время стакан достали, вымыли и получили матовый рисунок. Ребята захотели протравить стекло твёрдым $NaOH$, но узора не получилось, так как образовалось вещество **C** (реакция 3), растворимое в воде.

Для второго рисунка химики взяли кристаллогидрат **Y** (при нагревании вещества **Y** до $200\text{ }^\circ\text{C}$ образуется твёрдый остаток **Z** (реакция 4), масса которого меньше исходной массы кристаллогидрата на 51,22 %). Известно, что вещество **Z** имеет ионную кристаллическую решётку и состоит из атомов трёх элементов: **J**, **P**, **E**. Элементы **J** и **P** находятся в одной группе, молекулярная масса **J** больше молекулярной массы **P**.



При добавлении к раствору **Z** избытка раствора NaOH (*реакция 5*) выпадает белый осадок вещества **W** ($\omega(\text{E}) = 41,38\%$). Насыщенный водный раствор (при 20 °С) вещества **Z** нанесли на предметное стекло и дожидались образования белых узоров из соединения **Y**.

Вопросы:

- 1) Расшифруйте вещества **X**, **B**, **M**, **N**, **K**, **C**, **Y**, **Z**, **W** и элементы **G**, **J**, **P**, **E**.
- 2) Напишите уравнения реакций (1–5) и уравнение реакции взаимодействия

вещия **B** с избытком раствора NaOH (*реакция 6*).

3) Рассчитайте массовую долю вещества **Z** в насыщенном растворе, если оно имеет растворимость 35,1 г на 100 мл воды при 20 °С.

4) Как называются способы выделения **Y** из раствора, описанные в задаче, при нагревании и без нагревания?

5) Укажите тривиальное название кристаллогидрата **Y**.

6) В чём хранят **X** в лаборатории?

Задача №4

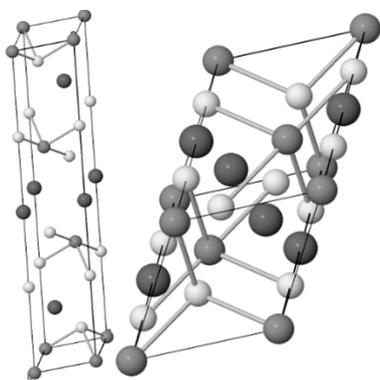


Рис. 2. Элементарная ячейка касуэллсилверита

Металл **X** впервые был получен восстановлением 5 г своего зелёного оксида **J** избытком угля, при этом образовался угарный газ (*реакция 1*). Образовавшийся металл **X** массой 3,42 г пассивируется концентрированной серной и азотной кислотой при нормальных условиях, но способен растворяться в смеси концентрированной азотной и плавиковой кислот, образуется комплексное соединение **W** ($\omega(\text{F}) = 58,91\%$), состоящее из 6 атомов (*реакция 2*).

Касуэллсилверит – один из минералов (плотность равна 3,3 г/см³), содержащих элемент **E** (образует простое вещество **X**), а также элементы **T** (образует

щелочной металл) и **R** (неметалл). Объём его элементарной ячейки, имеющей вид призмы (рис. 2), $V = 210 \text{ \AA}^3$.

Ещё один минерал **H** ($\omega(\text{E}) = 16,1\%$) содержит три элемента, два из которых – металлы (**E** и **Q**), а третий – кислород. При растворении его в азотной кислоте (*реакция 3*) получаются соединения **V** (содержит элемент **E**), **M** (содержит элемент **Q**, $\omega(\text{N}) = 8,46\%$) и вода. При растворении **H** в концентрированном растворе NaOH (*реакция 4*) получаются только вещество **P** и комплексное соединение **O**.

Вопросы:

1) Расшифруйте вещества **X**, **J**, **W**, **V**, **M**, **P**, **O** и элементы **E**, **T**, **R**, **U**.

2) Напишите уравнения реакций (1–4).

3) Определите количество атомов **E**, **T** и **R** в элементарной ячейке касуэллсилверита. Найдите молярную массу и формулу минерала.

4) Напишите возможные уравнения реакций, которые могут происходить при его взаимодействии с концентрированной серной кислотой.

5) Напишите формулу и название минерала **H**.

6) В чём заключается особенность электронного строения атома **X**?

Задача №5

Однажды уже не столь юный, но химик столкнулся с неприятностью – сломался кран. Наш герой решил доверить ремонт сложного сантехниче-

ского оборудования специалисту и вызвал сантехника. Сантехник осмотрел поломку и сказал о необходимости замены крана. После чего после-



давал диалог, который и лег в основу задачи:

– Сейчас краны такие делают, чтобы ломались быстро. Этот вообще из силумина, – строго заявил мастер.

– Из силумина? – задумчиво спросил химик. Он знал состав сплава «силумин» и очень удивился его использованию в сантехнике. Сплав силумин состоит из двух компонентов **A** (металл) и **B** (неметалл). Известно, что оба элемента находятся в одном периоде и способны растворяться в щелочах с выделением газа с плотностью 0,08987 г/л (н. у.) (реакции 1 и 2).

– Да, силумин. Вот, смотри, – в этот момент сантехник взял сломанную деталь крана и сжал её тисками, а затем отпустил, после чего дал послушать химику. Химик услышал характерный треск.

– А точно из силумина?.. – усомнился наш герой. Химик знал, что характерный треск при механическом воздействии способен издавать металл **C**, которого и близко нет в составе сплава силумин. Металл **C** находит широкое применение в сплавах и источниках тока. Интересным является тот факт, что металл **C** способен «болеть» от холода. Соединение **D** ($\omega(\text{C}) = 65,03\%$) используют в качестве искусственной позолоты. При сгорании **D** (реакция 3) образуется вещество **E** ($\omega(\text{C}) = 78,81\%$).

– Да-да, из него! – сказал на прощание сантехник.

Уже не столь юный химик был в замешательстве: при чем тут силумин, если деталь издала треск? Химик решил внимательнее осмотреть деталь. При помощи кухонного ножа он соскоблил

часть черного налета с детали и увидел под ней жёлтый сплав. Наш герой сразу опознал сплав и убедился в своей правоте – материал крана действительно имеет в своем составе металл **C**, а также металл красного цвета **F**, названного в честь острова Кипр. Чтобы окончательно развеять свои сомнения, химик решил проверить состав сплава в лаборатории.

На следующий день кусочек сплава растворили в 20 % азотной кислоте. Наблюдалось растворение сплава с образованием голубого раствора (реакции 4 и 5). Затем химик решил подействовать на сплав концентрированной азотной кислотой (реакции 6 и 7). Наблюдалось выделение бурого газа, выпадение белого осадка и образование голубого раствора. Таким образом, химик окончательно убедился в своей правоте о составе материала крана.

Сможете ли вы определить, из чего был сделан кран? Для этого ответьте на следующие вопросы:

1. Определите веществ **A–F**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения описанных реакций.
3. Почему химик удивился использованию силумина для изготовления сантехнических изделий?
4. Что означает «болезнь от холода» металла **C**? Объясните явление.
5. Как называется сплав, из которого сделан кран?
6. Что могло быть «чёрным налетом» на поверхности детали? Приведите пример (один) такого вещества.

Задача №6

Однажды на кружке юному химику предстояло выполнить практическую работу по получению газа **X**. Но юный химик поленился почитать руководство к практической работе и решил действовать самостоятельно. Сначала он собрал установку, как показано на рисунке (рис. 3).

Затем он начал готовить необходимые реактивы. Для получения газа **X** (реакция 1) требовалось использовать рас-

творы веществ **Y** и **Z** (**Y** и **Z** – твёрдые белые вещества). Но наш герой не нашел в практикуме вещества **Z** и решил получить его самостоятельно. Для получения вещества **Z** юный химик прокалил в пробирке вещество **A** (реакция 2) – также твёрдое белое вещество. Об используемых веществах дополнительно известно:

- 1) Вещество **A** окрашивает пламя в жёлтый цвет.



2) При добавлении к раствору вещества **A** концентрированной серной кислоты и кусочка меди наблюдается выделение бурого газа (реакция 3).

3) Вещество **Y** при нагревании полностью разлагается – в пробирке ничего не остаётся (реакция 4), а пропускание смеси газов после разложения **Y** приводит к помутнению известковой воды (реакция 5).

4) При добавлении к веществу **Y** щёлочи при небольшом нагревании наблюдается посинение влажной лакмусовой бумажки (реакция 6).

Вопросы:

1) Назовите посуду на рисунке для сбора установки.

2) Установите неизвестные вещества.

3) Напишите уравнения реакций.

4) Согласны ли вы с методом сбора газа **X**? Ваш ответ поясните.

5) Как проверить полноту заполнения сосуда газом **X**?

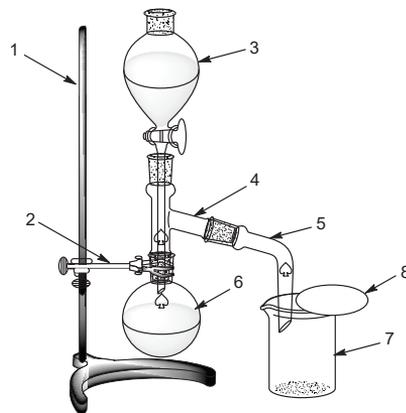


Рис. 3. Установка юного химика

Решение задачи №1

1) Вещество **X** – это фосфор. В условии явно указан способ получения этого простого вещества.

Вещество **Y** – сера. Описание внешнего вида и признаков горения позволяет опознать это вещество.

Вещество **A** – SO_2 (продукт горения серы).

Для установления формулы вещества **Z** воспользуемся методом направленного перебора, т. к. известна массовая доля серы в бинарном веществе:

Формула	Молярная масса вещества	Молярная масса элемента	Комментарий
X_2S	$M(\text{X}_2\text{S}) = M(\text{S})/\omega(\text{S}) = 32/0,8421 = 38 \text{ г/моль}$	$M(\text{X}) = 0,5 \cdot (M(\text{X}_2\text{S}) - M(\text{S})) = 0,5 \cdot (38 - 32) = 3 \text{ г/моль}$	
XS	$M(\text{XS}) = M(\text{S})/\omega(\text{S}) = 32/0,8421 = 38 \text{ г/моль}$	$M(\text{X}) = M(\text{XS}) - M(\text{S}) = 38 - 32 = 6 \text{ г/моль}$	
X_2S_3	$M(\text{X}_2\text{S}_3) = M(\text{S})/\omega(\text{S}) = (32 \cdot 3)/0,8421 = 114 \text{ г/моль}$	$M(\text{X}) = 0,5 \cdot (M(\text{X}_2\text{S}_3) - M(\text{S})) = 0,5 \cdot (114 - 32 \cdot 3) = 9 \text{ г/моль}$	Похоже на бериллий, но бериллий не проявляет валентность III.
XS_2	$M(\text{XS}_2) = M(\text{S})/\omega(\text{S}) = (32 \cdot 2)/0,8421 = 76 \text{ г/моль}$	$M(\text{X}) = M(\text{XS}_2) - M(\text{S}) = 76 - 32 \cdot 2 = 12 \text{ г/моль}$	Подходит углерод.

Дальнейший перебор не даёт адекватных результатов.

Таким образом, вещество **Z** – CS_2 .

X	Y	Z	A
P	S	CS_2	SO_2

2) Уравнения реакций:

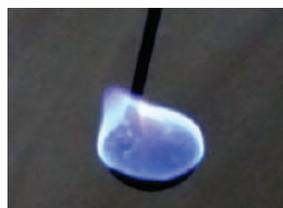
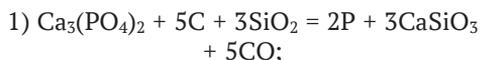
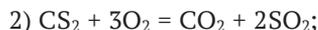
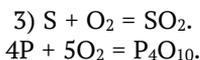


Рис. 4. Горение серы





4) Наиболее известные аллотропные модификации фосфора и серы:

Фосфор	
Белый фосфор или жёлтый фосфор	Похож на очищенный воск или парафин, легко режется ножом и деформируется от небольших усилий.
Красный фосфор	Твердое мягкое вещество красного цвета, жирное на ощупь.
Чёрный фосфор	Чёрное вещество с металлическим блеском, жирное на ощупь и весьма похожее на графит.
Сера	
Ромбическая	Лимонно-жёлтые кристаллы.
Моноклинная	Тёмно-жёлтые кристаллы.
Пластическая	Напоминает резину, тянущееся эластичное вещество коричневого цвета.

5) Жидкость **Q** носит название «коктейль Молотова».

6) Обильный белый дым – это оксид фосфора P_4O_{10} .

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За вещества X , Y и A по 2 балла. За вещество Z – 3 балла.	9 баллов
2. За каждое уравнение реакции – 2 балла.	6 баллов
3. Указание горения фосфора с выделением света – 2 балла.	2 балла
4. За каждую модификацию – 1 балл.	4 балла
5. Название жидкости – 2 балла.	2 балла
6. Указан оксид фосфора как компонент дыма – 2 балла.	2 балла
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи №2

1) Чтобы предложить оксиды, нужно внимательно посмотреть на заполненные клетки. Известно, что вещества должны попарно реагировать. Вещество **X** должно реагировать с кислотными оксидами, проявляющими окислительные свойства (SO_3 и I_2O_5). В то же время должны быть реакции **X** с типичными основными оксидами (CaO , Na_2O). Таким образом, **X** должен быть оксидом, который реагирует как с кислотными, так и с основными оксидами, и может проявлять окислительно-восстановительные свойства. Под это определение подходят амфотерные оксиды или вода.

Рассмотрим вещество **Y**. Оно должно реагировать с CO – несолеобразующим оксидом, проявляющим ярко выраженные восстановительные свойства. В то же время должны быть реакции с типичным основным оксидом (Na_2O). Вместе с тем должны быть и реакции с кислотными оксидами, причем

SO_2 проявляет как окислительные, так и восстановительные свойства, а SO_3 может быть окислителем. Под описание подходят амфотерные оксиды. Но в этом случае важно учитывать возможность реакции с CO , поскольку не каждый амфотерный металл способен восстанавливаться из своего оксида с помощью CO . Под такое описание подходит, например, ZnO или PbO .

2) Уравнения реакций (в данных примерах использованы вода и оксид цинка, но могут быть и другие варианты оксидов **X** и **Y**):

- $I_2O_5 + BeO = Be(IO_3)_2$;
- $BeO + CO = Be + CO_2$;
- $5CO + I_2O_5 = I_2 + 5CO_2$;
- $H_2O + CaO = Ca(OH)_2$;
- $CaO + SO_3 = CaSO_4$;
- $H_2O + SO_3 = H_2SO_4$;



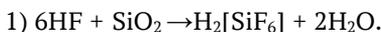
- 7) $\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3$;
 8) $\text{SO}_2 + \text{ZnO} = \text{ZnSO}_3$;
 9) $\text{Na}_2\text{O} + \text{ZnO} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2$;
 10) $\text{I}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = \text{HIO}_3$;
 11) $\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 2\text{NaOH}$;
 12) $\text{Na}_2\text{O} + \text{I}_2\text{O}_5 = 2\text{NaIO}_3$;
 13) $\text{BeO} + \text{CaO} = \text{CaBeO}_2$;
 14) $\text{CaO} + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3$;
 15) $\text{BeO} + \text{SO}_2 = \text{BeSO}_3$;
 16) $\text{CO} + \text{SO}_3 = \text{CO}_2 + \text{SO}_2$;
 17) $\text{CO} + \text{ZnO} = \text{Zn} + \text{CO}_2$;
 18) $\text{ZnO} + \text{SO}_3 = \text{ZnSO}_4$.

Критерии оценивания:

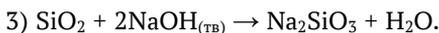
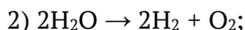
Пункт	Балл
1. За X и Y (любой разумный вариант) – по 3,5 балла.	7 баллов
2. За каждое уравнение реакции (любой разумный вариант) – 1 балл.	18 баллов
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи №3 (автор задачи – Василенко К.В.)

Из того, что вещество **X** растворяет стекло, можно предположить, что **X** – это HF, а вещество **M**, которое планировали получить химики – это F_2 , **G** – F, **B** – $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$, что сходится с расчётами: $\omega(\text{F}) = 79,17\%$.



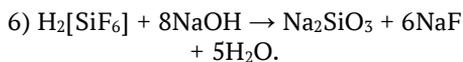
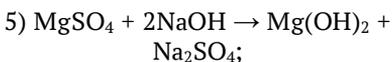
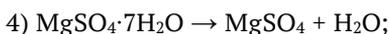
При электролизе водного раствора HF образуются **N** – O_2 и **K** – H_2 в соотношении 1 : 2, соответственно:



C – Na_2SiO_3 .

Z имеет ионную кристаллическую решётку и состоит из трёх элементов, значит, это соль. Под описание элементов **J** и **P** подходят только кислород – **P**, сера – **J**. Значит **E** – атом металла, **W** – гидроксид этого металла. Массовая доля гидроксогрупп в **E** равна $\omega(\text{OH}) = 58,62\%$. Значит, **W** – $\text{Mg}(\text{OH})_2$, **E** – Mg, а **Z** – MgSO_4 .

$\omega(\text{MgSO}_4) = 48,78\%$ в соединении **Y**. Поэтому **Y** – $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.



Рассчитаем массовую долю MgSO_4 в его насыщенном растворе:

$$\omega(\text{MgSO}_4) = \frac{35,1}{35,1+100} \cdot 100\% = \frac{35,1}{135,1} \cdot 100\% = 26\%.$$

Способ выделения $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ из раствора при нагревании – выпаривание, а при нормальных условиях (20°C) – испарение растворителя (выветривание).

Тривиальные названия $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: английская соль, эпсомская соль, горькая соль.



Рис. 5. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

HF в лаборатории хранят в полиэтиленовой таре.

X	B	M	N	K	C	Y	Z	W
HF	$\text{H}_2[\text{SiF}_6]$	F_2	O_2	H_2	Na_2SiO_3	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	MgSO_4	$\text{Mg}(\text{OH})_2$

G	J	P	E
F	S	O	Mg

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За каждое соединение и элемент – 1 балл.	13 баллов
2. За каждое уравнение реакции – 1 балл.	6 баллов
3. За расчёт массовой доли – 2 балла.	2 балла
4. За название каждого из способов выделения – 1 балл.	2 балла
5. За хотя бы одно правильное название – 1 балл.	1 балл
6. За указание способа хранения HF в лаборатории – 1 балл.	1 балл
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи №4 (автор задачи – Василенко К.В.)

Рассчитаем молярную массу соединения **W**, подставляя разное количество атомов фтора, при этом всего в **W** 6 атомов, а координационное число в комплексных соединениях обычно кратно двум.

Если в составе **W** два атома фтора, то $M(W) = 64,5$ г/моль. Получается, что молярная масса остальных четырёх атомов равна 26,5 г/моль. Это маловероятно, наше предположение неверно.

Если в составе **W** четыре атома фтора, то $M(W) = 129$ г/моль. Масса остальных двух атомов равна 53 г/моль. Также логично предположить, что **W** – кислота, так как образуется в кислой среде. Значит, один из оставшихся атомов – водород. Выходит, что элемент **E** – Cr, металл **X** – Cr, зелёный оксид **J** – Cr_2O_3 , а **W** – $H[CrF_4]$. Наш вывод можно проверить, посчитав массу хрома, образующегося в результате восстановления Cr_2O_3 :

$$v(Cr_2O_3) = 5 \text{ г} / 152 \text{ г/моль} = 0,0329 \text{ моль};$$

$$v(Cr) = 2 \cdot 0,0329 \text{ моль} = 0,0658 \text{ моль};$$

$$m(Cr) = 0,0658 \text{ моль} \cdot 52 \text{ г/моль} = 3,42 \text{ г}.$$

Обозначим три типа атомов в кристаллической решётке касуэллсилверита буквами **D**, **G** и **A**. Найдём количества этих атомов:

$$N(D) = 2 + 4 \cdot \frac{1}{4} = 3 \text{ атома};$$

$$N(G) = 2 + 8 \cdot \frac{1}{8} = 3 \text{ атома};$$

$$N(A) = 4 + 8 \cdot \frac{1}{4} = 6 \text{ атомов}.$$

Формула элементарной ячейки и простейшая формула минерала: $D_3G_3A_6$ и DGA_2 соответственно.

Рис. 6. Cr_2O_3

Найдём молярную массу минерала по формуле:

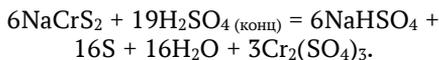
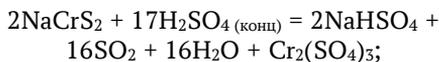
$$M = \rho N_a V / Z,$$

где ρ – плотность вещества (3,3 г/см³), V – объём элементарной ячейки ($210 \cdot 10^{-24}$ см³), N_a – число Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$ частиц/моль), Z – количество формульных единиц (в нашем случае в одной элементарной ячейке находятся три формульных единицы касуэллсилверита). $M = 139$ г/моль.

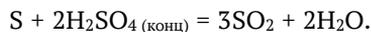
Мы знаем, что **E** – Cr. На щелочной металл и два атома неметалла приходится 87 г/моль. Методом подстановки выясняем, что **T** – Na, **R** – S. Формула касуэллсилверита $NaCrS_2$.



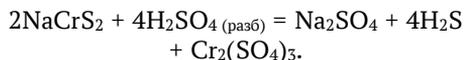
Взаимодействие NaCrS_2 с концентрированной серной кислотой может привести к нескольким продуктам восстановления серы:



В избытке серной кислоты S может окисляться:



С течением времени концентрация серной кислоты уменьшается, и становится возможной реакция:



Логично предположить, что M – это нитрат металла. Найдём атомную массу этого металла, изменяя количество атомов азота в M .

Количество атомов азота	1	2	3
Относительная атомная масса металла, металл	103,5 Rh	207 Pb	310,5 –

Маловероятно, что родий имеет в азотной кислоте степень окисления +1. Но при нахождении молярной массы H с подстановкой относительной атомной массы хрома

$$\text{M}(\text{H}) = 52 \text{ г/моль} / 0,161 = 323 \text{ г/моль}$$

получается подходящий вариант для свинца: соединение PbCrO_4 – H (крокоит), элемент Q – Pb.

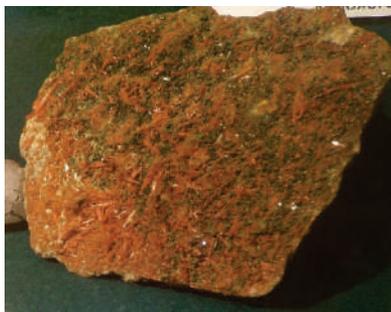


Рис. 7. Крокоит

Тогда при растворении PbCrO_4 в азотной кислоте получают соединения V – $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и M – $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. А взаимодействие PbCrO_4 с избытком раствора NaOH приводит к получению P – Na_2CrO_4 и O – $\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$.

Уравнения реакций:

- $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 3\text{CO} + 2\text{Cr};$
- $\text{Cr} + 3\text{HNO}_3 (\text{конц}) + 4\text{HF} = 3\text{NO}_2 + \text{H}[\text{CrF}_4] + 3\text{H}_2\text{O};$
- $2\text{PbCrO}_4 + 4\text{HNO}_3 = \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O};$
- $\text{PbCrO}_4 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4].$

У атома хрома наблюдается так называемый «проскок» электрона. Такая электронная конфигурация ($3d^5 4s^1$) выгоднее, чем состояние хрома $3d^4 4s^2$, так как $3d$ и $4s$ -подуровни заполнены наполовину.

X	J	W	V	M	P	O
Cr	Cr_2O_3	$\text{H}[\text{CrF}_4]$	$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	Na_2CrO_4	$\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$

E	T	R	Q
Cr	Na	S	Pb

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За каждое соединение и элемент – 1 балл.	11 баллов
2. За каждое уравнение реакции – 1 балл.	4 балла
3. За определение количества атомов E , T и R в элементарной ячейке – 1 балл, за расчёт молярной массы касуэллсилверита – 1 балл, за вывод	6 баллов



формулы минерала – 3 балла, за уравнения реакций взаимодействия минерала с серной кислотой – 1 балл.	
4. За вывод формулы минерала Н – 2 балла, за его название – 1 балл.	3 балла
5. За обоснование «проскока» электрона у атома Сг – 1 балл.	1 балл
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи №5

1) Главной подсказкой для определения элементов **А** и **В** является условие «оба элемента находятся в одном периоде и способны растворяться в щелочах с выделением газа с плотностью 0,08987 г/л (н. у.)». Маленькая плотность газа позволяет предположить, что вещества растворяются в щёлочи с выделением водорода. В щелочах способны растворяться амфотерные металлы. Первый амфотерный металл, который появляется в периодической системе, – это бериллий. Он действительно способен растворяться в щелочах с выделением водорода. Однако неметаллов, способных выделять водород из щелочей, во втором периоде нет. Следующим амфотерным металлом в периодической системе является алюминий. В третьем периоде есть и неметалл, способный выделять водород из щелочей, – это кремний. В больших периодах таких пар неметалла и металла

нет. Дополнительно можно усмотреть в названии сплава «силумин» указание на названия элементов.

Таким образом, металл **А** – алюминий, неметалл **В** – кремний.

Чтобы установить вещества **С**, **Д** и **Е**, необходимо воспользоваться количественными данными в условии. Удобнее всего начать с вещества **Е**, поскольку **Е** является продуктом сгорания соединения **Д**, а при сгорании сложных веществ чаще всего образуются оксиды. Таким образом, вещество **Е** – это оксид металла **С**, для которого известна массовая доля металла.

Установим формулу вещества **Е**. Для этого найдем массовую долю кислорода в соединении и воспользуемся методом направленного перебора для установления формулы соединения:

$$\omega(\text{O}) = 100 - \omega(\text{C}) = 100 - 78,81 = 21,19 \%$$

Формула оксида	Молярная масса оксида	Молярная масса металла	Комментарий
X_2O	$M(\text{X}_2\text{O}) = M(\text{O})/\omega(\text{O}) = 16/0,2119 = 75,5 \text{ г/моль}$	$M(\text{Me}) = 0,5 \cdot (M(\text{X}_2\text{O}) - M(\text{O})) = 0,5 \cdot (75,5 - 16) = 30 \text{ г/моль}$	Такого металла нет
XO	$M(\text{XO}) = M(\text{O})/\omega(\text{O}) = 16/0,2119 = 75,5 \text{ г/моль}$	$M(\text{Me}) = M(\text{XO}) - M(\text{O}) = 75,5 - 16 = 59,5 \text{ г/моль}$	Такого металла нет
X_2O_3	$M(\text{X}_2\text{O}_3) = M(\text{O})/\omega(\text{O}) = (16 \cdot 3)/0,2119 = 226,5 \text{ г/моль}$	$M(\text{Me}) = 0,5 \cdot (M(\text{X}_2\text{O}_3) - M(\text{O})) = 0,5 \cdot (226,5 - 16 \cdot 3) = 89,25 \text{ г/моль}$	Похоже на металл иттрий
XO_2	$M(\text{XO}_2) = M(\text{O})/\omega(\text{O}) = (16 \cdot 2)/0,2119 = 151 \text{ г/моль}$	$M(\text{Me}) = M(\text{XO}_2) - M(\text{O}) = 151 - 16 \cdot 2 = 30 \text{ г/моль}$	Подходит металл олово

Дальнейший перебор не даёт адекватных результатов.

Металл **С** представляет собой олово – металл, который находит широкое применение в сплавах и источниках тока. Иттрий не подходит под описанные условия, т. к. это редкий элемент. Уникальным явлением является «оловянный крик» – характерный треск образца олова после сжатия.

Таким образом, металл **С** – олово Sn , вещество **Е** – SnO_2 .

Чтобы установить формулу соединения **Д**, аналогично воспользуемся методом направленного перебора. Теперь мы знаем, что **Д** содержит олово и знаем массовую долю металла, значит, можем найти молярную массу соединения, а затем молярную массу аниона:



$$M(\text{SnX}_2) = M(\text{Sn})/\omega(\text{Sn}) = 119/0,6503 = 183 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{X}) = 0,5 \cdot (M(\text{SnX}_2) - M(\text{Sn})) = 0,5 \cdot (183 - 119) = 32 \text{ г/моль}.$$

Это соответствует молярной массе серы, анион в составе соединения – сульфид.

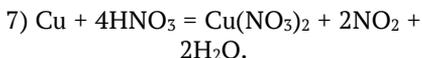
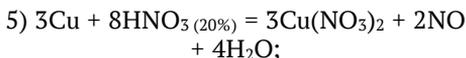
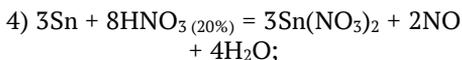
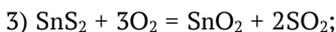
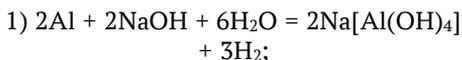
Дальнейший перебор не даёт адекватных результатов.

Таким образом, вещество **D** – SnS_2 , оно используется для изготовления покрытий, имитирующих позолоту.

Металл красного цвета **F**, названный в честь острова Кипр – медь. Дополнительной подсказкой являются описанные

A	B	C	D	E	F
Al	Si	Sn	SnS_2	SnO_2	Cu

2) Уравнения реакций:



3) Использование силумина вызвало удивление, т. к. многие моющие средства, в том числе косметические, при растворении в воде образуют щелочные растворы. Использование сплава, не-

признаки реакций растворения образца сплава – образуется голубой раствор, цвет которого обусловлен образованием гидратированных катионов Cu^{2+} .



Рис. 8. Олово

Таким образом, вещества в задаче:

устойчивого к щелочным средам, – странное решение, поскольку не даёт гарантий надежности и приводит к быстрому износу изделий.

4) «Болезнь от холода» металла **C** – «оловянная чума». При низких температурах олово превращается из белого, устойчивого при комнатных температурах, в серое. Такой переход сопровождается резким увеличением объёма образца металла. К тому же серое олово гораздо более хрупкое, чем белое, и способно рассыпаться при минимальном воздействии.

5) Сплав меди и олова называется бронза.

6) Чёрным налетом могли быть сульфиды меди (CuS) и олова (SnS), т. к. в воздухе всегда содержится некоторое количество сероводорода или органических сульфидов. Возможно наличие оксида меди CuO .

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За вещества А–F – по 2 балла.	12 баллов
2. За каждое уравнение реакции – 1 балл.	7 баллов
3. Указание на щелочную среду моющих средств и растворение силумина – 2 балла.	2 балла
4. Указание на «оловянную чуму», в том числе без объяснения сути явления – 2 балла.	2 балла
5. За правильное название – 1 балл.	1 балл
6. За правильный пример – 1 балл.	1 балл
ИТОГО:	25 баллов

Решение задачи №6

1) Для сбора установки юный химик использовал следующее оборудование:

1	Лабораторный штатив (штатив)
2	Лапка с муфтой (лапка)
3	Капельная воронка
4	Насадка Вюрца
5	Аллонж
6	Круглодонная колба
7	Химический стакан
8	Часовое стекло (картон, стеклянная пластинка)

2) Для установления зашифрованных веществ воспользуемся описанными признаками реакций.

Вещество А: Окрашивание пламени в жёлтый цвет свидетельствует о наличии катиона натрия в составе. Выделение бурого газа при добавлении серной кислоты и кусочка меди – качественная реакция на нитрат-ион. Таким образом, вещество А – нитрат натрия NaNO_3 .



Рис. 9. Окрашивание пламени солью натрия

Вещество Y: Полное разложение вещества без образования твёрдого остатка говорит о наличии в веществе летучих компонентов. Помутнение известковой воды (водный раствор гидроксида кальция) – качественная реакция на углекислый газ. Помутнение наблюдается из-за образования нерастворимого в воде белого карбоната кальция. Углекислый газ

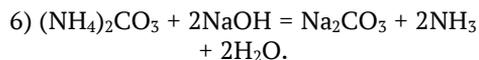
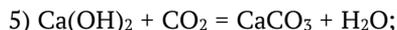
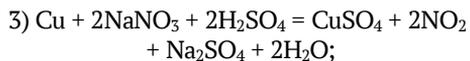
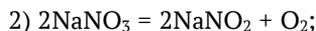
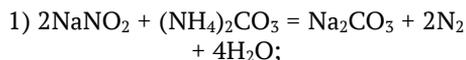
мог образоваться при разложении карбонат-иона в составе соли. Посинение влажной лакмусовой бумажки при добавлении щёлочи (при нагревании) – качественная реакция на катион аммония. Посинение бумажки наблюдается из-за выделения аммиака, который обладает основными свойствами. Таким образом, вещество Y – карбонат (или гидрокарбонат) аммония $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Газ X получается при взаимодействии водных растворов Y и Z. Z получено нагреванием А – нитрата натрия. При нагревании нитрат натрия разлагается на кислород и нитрит натрия. Таким образом, Z – это нитрит натрия NaNO_2 .

Тогда газ X – продукт взаимодействия нитрита натрия и карбоната аммония. При взаимодействии этих веществ наблюдается образование неустойчивого нитрита аммония, который разлагается с образованием азота и воды. Таким образом, газ X – азот.

X	Y	Z	A
N_2	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	NaNO_2	NaNO_3

3) Уравнения реакций:



4) Т. к. азот в виде простого вещества имеет молекулярную массу 28 г/моль, а средняя молекулярная масса воздуха 29 г/моль именно благодаря большому содержанию в нём азота (около 78 %), то использование метода вытеснения воздуха для получения азота невозможно. Для сбора выделившегося газа следует воспользоваться методом вытеснения воды.



5) Для проверки полноты заполнения сосуда азотом достаточно внести тлеющую лучинку – при полном за-

полнении сосуда тлеющая лучинка потухнет, т. к. азот не поддерживает горение.

Критерии оценивания:

Пункт	Балл
1. За название каждого элемента установки – 1 балл.	8 баллов
2. За каждое вещество X, Y, Z, A по 2 балла.	8 баллов
3. За каждое уравнение реакции – 1 балл.	6 баллов
4. За объяснение возможности сбора азота методом вытеснения воздуха – 1 балл.	1 балл
5. За указание использования тлеющей лучинки для определения полноты заполнения сосуда азотом – 2 балла.	2 балла
ИТОГО:	25 баллов

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Песня алканов

Мы состоим из углерода, водорода.
 Такими создавала нас природа.
 А мы и жидкости, и газы, и твердые тела.
 Не станем реагировать без света иль тепла!

Припев:

Ведь мы алканы,
 Живём в земле!
 И чёрной жидкостью наружу
 Выливаемся везде!
 Где есть болота –
 Там болотный газ.
 И в нём, конечно же, ты встретишь нас!

Чтоб нас создать, нет процедуры проще.
 Тебе потребуется, скажем, ацетат.
 Залей водой, ток пропусти побольше,
 И вдруг этан извергнет агрегат!

Припев:

А мы алканы,
 Живём в земле!
 И чёрной жидкостью наружу
 Выливаемся везде!
 Где есть Газпром –
 Там есть природный газ.
 И в нём, конечно же, ты встретишь нас!

Без нас Россия бы не стала столь великой,
 Какой сейчас является она.
 Ведь мы горючее в автомобилях,
 И солярка, безусловно, всем нужна!

Припев:

Ведь мы алканы,
 Живём в земле!
 И чёрной жидкостью наружу
 Выливаемся везде!
 Где есть коровы –
 Выделяют газ.
 И в нём, конечно же, ты встретишь нас!

Константин К.

Исследовательская деятельность



Алексеева Мария Михайловна

Студентка 1 курса НИЯУ МИФИ, участник конференции «XX Колмогоровские чтения». Научный руководитель: Кузьмина Наталья Петровна, ведущий научный сотрудник, профессор химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Люминесценция лантанидов: связь с температурой

Люминесценция – красивейшее явление. И в то же время очень полезное для науки: с помощью люминесценции можно изучать энергетические состояния молекул и комплексов и переходы между этими состояниями. И наоборот, изменяя природу вещества – например, заменой лигандов, – можно влиять на его люминесцентные свойства. В этой статье мы представляем пример такого исследования.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) – группа элементов, включающая в себя скандий Sc, иттрий Y, лантан La и следующие за ним элементы, которые носят имя лантаниды, от церия Ce до лутеция Lu. Лантаниды ещё называют лантаноидами и *f*-элементами.

История РЗЭ ведёт свой отсчёт с 1787 года, когда минералог-любитель Карл Аррениус обнаружил минерал, который он назвал «иттербит» и который впоследствии получил имя «гадолинит». В этом минерале финским химиком Ю. Гадолином была обнаружена неизвестная в то время «иттриевая соль», которую химик подверг анализу. С тех пор

изучение удивительных свойств РЗЭ продолжается по сей день.

Отличительной и важнейшей особенностью лантанидов является наличие у них последовательно заполняемого 4*f*-подуровня. Всего на нем может располагаться 14 электронов. Электронные облака *f*-орбиталей экранированы внешними электронами, поэтому они неохотно участвуют в химической активности атома.

Мы не будем углубляться в химические свойства лантанидов, а перейдём к явлениям внутренних электронных переходов в их атомах. Что касается *f-f*-электронных переходов, то, согласно,

правилу Лапорта, они запрещены. Говоря о правилах запрета в квантовой физике, подразумевают малую вероятность запрещённого события, а не абсолютную невозможность его свершения. Правило Лапорта (оно же – запрет по чётности) гласит: разрешены только переходы между термами разной чётности. Термы – это уровни энергии, характеризующиеся определёнными значениями полного орбитального момента и полного спина электронов. Чётность терма равна чётности суммы орбитального момента количества движения отдельных электронов.

Каждый электронный уровень может находиться в разных «подсостояниях» с различными суммарными спинами – в частности, синглетном (суммарный спин равен 0) и триплетном (суммарный спин равен 1) (рис. 1). Триплетное состояние обычно является более высоким по энергии, чем синглетное [1].

В идеале, если бы вероятность $f-f$ переходов была выше, иными словами, не было бы правила Лапорта, то возбуждённые f -состояния активно проявляли бы люминесценцию – то есть нетепло-

вое¹ излучение атома, молекулы или иона, возникающее за счёт перехода частицы из возбуждённого состояния в основное. Как уже было указано, в мире ничего не запрещено абсолютно, и при создании определённых условий правило запрета уменьшает свою жёсткость. В 1908 году у лантанидов была открыта люминесценция (рис. 2) с малой интенсивностью из-за вышеупомянутого правила запрета по чётности.

Триплетное состояние



$S=1$ $S=-1$

Синглетное состояние



$S=0$

Рис. 1. Синглетное и триплетное состояния

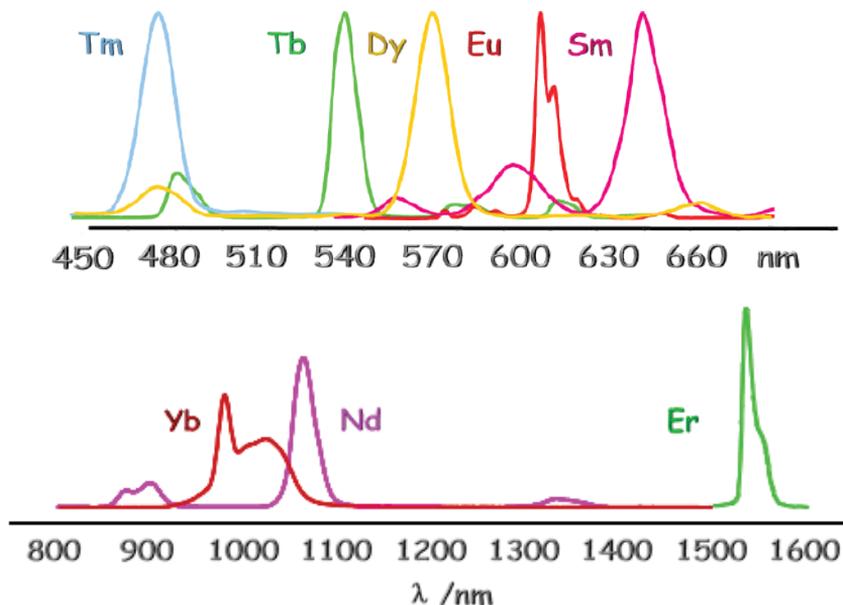


Рис. 2. Спектры люминесценции лантанидов

¹ Т. е. излучение, порождаемое не колебаниями, вращениями и поступательным движением атома, а переходами электронов атома с одного энергетического уровня на другой.

По способности к люминесценции ионы лантанидов можно разделить на несколько групп [2]:

1. Люминесценция иона Gd^{3+} определяется переходами, которые соответствуют ближайшему УФ-диапазону (310 и 280 нм).

2. Люминесценция лантанидов середины ряда (Sm^{3+} , Eu^{3+} , Tb^{3+} , Dy^{3+}) происходит в видимой области (основные переходы иона Sm^{3+} соответствуют 600 и 650 нм, Eu^{3+} – 612 нм, Tb^{3+} – 545 нм, Dy^{3+} – 580 нм).

3. Люминесценция лантанидов конца и начала ряда происходит в ближней ИК-области (основной переход иона Nd^{3+} соответствует 1050 нм, Ho^{3+} – 950 нм, Er^{3+} – 1550 нм, Tm^{3+} – 800 нм, Yb^{3+} – максимум в 1000 нм).

4. Lu^{3+} даже в условиях с большей вероятностью свершения перехода не имеет $f-f$ -переходов, поскольку у него полностью заполнена f -оболочка.

В 1942 году американский химик Х. Вейсман обнаружил, что координационные соединения лантанидов с некоторыми органическими лигандами люминесцируют с гораздо большей интенсив-

ностью, чем их неорганические соли. Это явление обратило на себя внимание и потребовало теоретического обоснования. Более того, люминесценция увеличивается для соединений с лигандами определённой природы. При изучении влияния различных факторов на люминесценцию комплексов обнаружилось уменьшение интенсивности люминесценции при повышении температуры, получившее название температурного тушения люминесценции. То есть слабо люминесцирующий лантанид окружён определёнными лигандами, и интенсивность люминесценции растёт в разы. Нагреем комплексное соединение, и интенсивность вновь падает.

Увеличение интенсивности люминесценции при координации с органическим лигандом объясняется так называемым эффектом антенны. Он заключается в поглощении лигандом кванта энергии, передаче этой энергии на ион лантанида и последующей люминесценции этого иона (рис. 3). При этом наблюдается характерная для каждого иона длина волны излучения – такая же, как для его неорганических солей.



Рис. 3. Схема эффекта антенны

Эффект антенны реализуется благодаря одному из двух механизмов: механизму Фёрстера (FRET) или механизму Декстера.

Механизм Фёрстера (FRET – Förster resonance energy transfer) [3], он же флуоресцентный² резонансный пере-

нос энергии – это безызлучательный перенос энергии от донора (D) к акцептору (A), происходящий на дальних расстояниях (20–50 Å). Под безызлучательным подразумевается, что перенос происходит не путём:

возбуждение донора → испускание донором излучения → поглощение акцептором испущенного донором излучения,

² Флуоресценция – излучение без изменения спина: $S_1 \rightarrow S_0$ или $T_1 \rightarrow T_0$. Фосфоресценция – излучение с изменением спина: $S \rightarrow T$.

а иным образом, при котором энергия не испускается донором в виде излучения, а сразу попадает на акцептор.

Сущность механизма в принципе заложена в самом его названии – резонансный перенос энергии. Если рассматривать классическую интерпретацию механизма (первым это сделал французский физик Ж. Перрен), перенос энергии происходит благодаря резонансу между двумя системами. Представим себе систему связанных осцилляторов (маятников). Если одно из тел системы получает энергию и имеет какую-либо связь с другими телами системы, а потери в окружающую среду отсутствуют, то тела будут влиять друг на друга; энергия, полученная одним телом, будет передаваться остальным телам системы. На примере с маятниками это легко понять: два маятника, подвешенные на одну опору, имеют между собой связь, которая может быть обеспечена небольшим крутильным движением опоры из-за недостаточной её жёсткости. При сообщении одному из маятников энергии он начнёт колебаться, но, так как этот маятник связан с ещё одним маятником, очевидно, что второй маятник тоже станет колебаться (будет вынужден войти в резонанс с первым вследствие наличия связи между ними). Для описания резонанса в молекулах можно употребить понятие дипольных моментов, связанных друг с другом через электромагнитное поле.

С квантово-механической точки зрения перенос энергии между молекулами происходит по следующей схеме. Донор D возбуждается за счёт поглощения электро-

магнитной энергии. Предположим, что акцептор А может совершать энергетические переходы с поглощением, совпадающие с переходами D. Тогда появляется высокая вероятность того, что энергия окажется на А. Фёрстеровский процесс можно представить с помощью диаграммы (рис. 4).

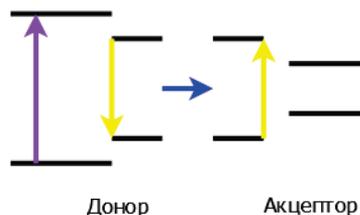


Рис. 4. Краткая схема FRET

Перенос энергии возможен, если:

- расстояние между D и A не слишком велико, меньше нескольких нанометров (от расстояния также зависит, насколько перенос эффективен);
- ориентация молекул строго определённая: направления векторов диполей молекул донора и акцептора не должны быть перпендикулярны друг другу в пространстве; максимальная эффективность переноса достигается, если диполи молекул параллельны и направлены в одну сторону;
- спектр излучения D перекрывается со спектром поглощения А.

Эффективность переноса можно охарактеризовать с помощью интеграла перекрывания (рис. 5) – величиной площади области перекрывания спектров. Действительно, чем больше спектры D и А перекрываются, то есть чем меньше разница между резонансными уровнями, тем выше вероятность перехода.

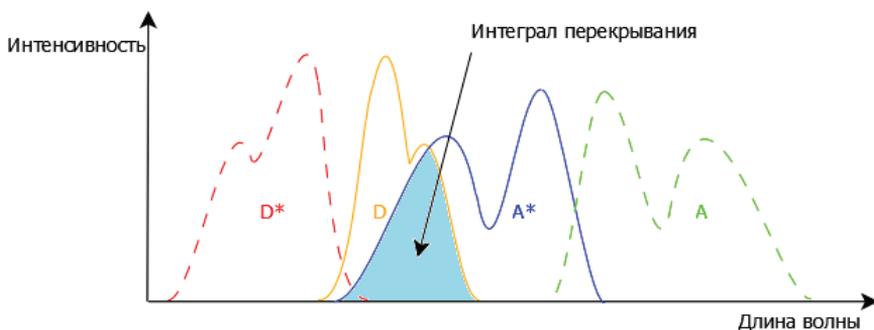


Рис. 5. Диаграмма перекрывания спектров

Механизм Декстера-Ермолаева [3]

носит название обменно-резонансного и может быть реализован только на близких расстояниях (10–15 Å). Возникает он благодаря обмену электронами при перекрытии электронных оболочек донора и акцептора. В молекулах донора и акцептора происходят такие переходы (например, триплет-синглетный и синглет-триплетный перенос энергии соответственно), которые по отдельности запрещены, но в совокупности это единый процесс с сохранением спина, поэтому переход оказывается возможен (в нашем случае это триплет-триплетный переход).

Вернемся к лантанидам и остановимся на изучении двух самых ярко люминесцирующих элементов среди лантанидов, тербия и европия, которые ко всему прочему находят важное практическое применение в виде люминесцентных меток для купюр и ценных бумаг.

Рассмотрим процесс люминесценции и её тушения у комплексов салицилата тербия и европия с лигандом фенантролином [Tb(Sal)₃Phen] и [Eu(Sal)₃Phen], где Sal – остаток салициловой кислоты (рис. 6), Phen – фенантролин (рис. 7).

Итак, у нас имеются две молекулы, состоящие из лигандов Phen, Sal и центрального атома (последним в данном случае является Eu или Tb). При попадании излучения на молекулу квант его энергии передается лиганду Phen, который переходит в возбужденное синглетное состояние (рис. 8). Далее, согласно правилу Каша⁵, энергия должна перейти на низший возбужденный синглетный уровень S₁. Оттуда имеется несколько возможных путей.

1. Молекула может вернуться в основное синглетное состояние S₀ двумя способами:

- а) флуоресценцией лиганда;
- б) через соударения с окружающими молекулами.

2. Перейти в триплетное состояние с большим временем жизни, откуда также есть два пути:

- а) молекула вернется в S₀ в результате запрещенного по спину перехода;
- б) энергия перенесется на ион лантанида [4].

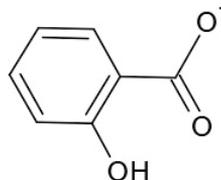


Рис. 6. Салицилат-ион

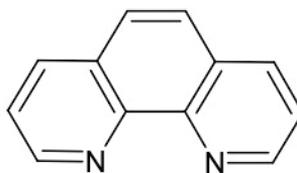


Рис. 7. Фенантролин

Каким именно образом лиганд перейдет из состояния с энергией триплетного уровня в более низшее по энергии состояние, определяет разница $\Delta E = T - {}^5L_1$. Для европия и тербия условие успешного переноса с триплетного уровня лиганда на резонансный уровень иона РЗЭ переноса называется правилом Латва: перенос на ион произойдет, если разница между их уровнями составляет⁴ 2500–3500 см⁻¹. При меньших значениях энергетического зазора возможен обратный перенос энергии на триплетный уровень иона лантанида за счёт безызлучательной релаксации через колебания других частей молекулы (например, ОН-групп, входящих в состав салицилата). При больших же величинах существенно возрастает вероятность безызлучательной дезактивации возбужденного состояния через колебания связей [5].

³ Правило Каша: скорости безызлучательного перехода между верхними возбужденными состояниями значительно превышают скорости люминесценции с этих состояний, в результате чего только низшее возбужденное состояние способно к люминесценции.

⁴ См⁻¹ – волновое число, величина, обратная длине волны.

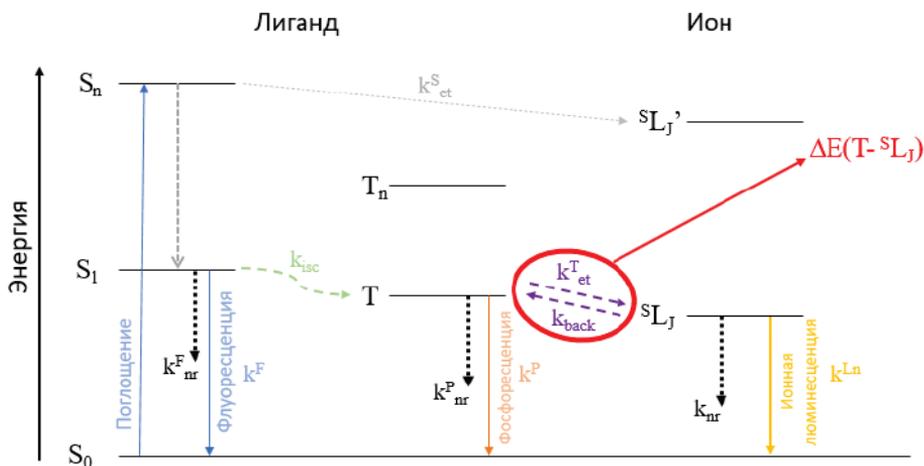


Рис. 8. Диаграмма Яблонского⁵ переходов в координационных соединениях лантанидов. Символы k с индексами имеют значение констант скоростей соответствующих процессов

Разница в энергии между резонансным уровнем Tb и лигандом практически отсутствует (рис. 9), а значит, связь между Tb и Phен очень уязвима для внешних воздействий. Этого нельзя сказать о Eu, у которого энергетический зазор с лигандом практически превышает разницу, указанную в правиле Латва.

Чтобы выяснить, как это может повлиять на люминесценцию, запишем спектры флуоресценции и посмотрим, как интенсивность люминесценции зависит от длины волны испускаемого молекулой излучения для разных лигандов.

И до, и после введения лиганда Phен в салицилат тербия (III) оба соединения

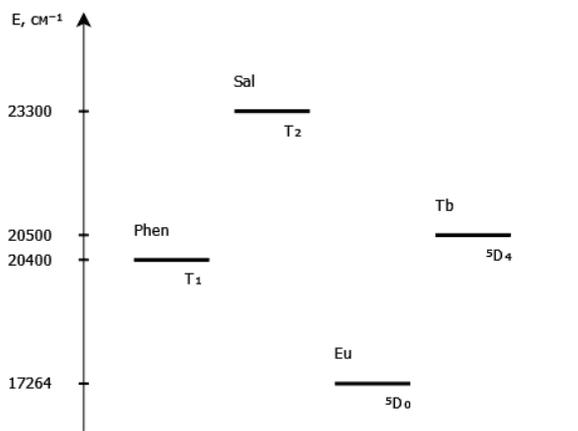


Рис. 9. Диаграмма резонансных энергетических уровней ионов лантанидов и триплетных уровней лиганда и салицилата

⁵ Диаграмма Яблонского – это диаграмма для визуализации и удобства в описании электронных состояний и переходов между этими состояниями в молекуле. На диаграмме схематически изображают синглетные, триплетные и колебательные состояния молекулы, а затем схематично стрелочками отмечают переходы между этими состояниями.

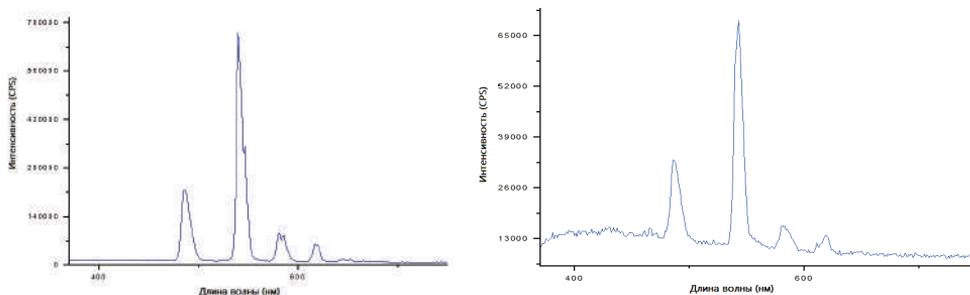


Рис. 10. Спектры люминесценции $Tb(Sal)_3xH_2O$ (слева) и $Tb(Sal)_3Phen$ (справа)⁶

излучают в зелёной области (рис. 10), но интенсивность люминесценции в присутствии фенантролина упала почти в 10 раз. При введении же Phen в салицилат европия его спектр люминесценции сдвинулся из оранжевой в более длинноволновую область, а интенсивность упала в 5 раз. Казалось бы, теоретически, как мы сами подметили в начале статьи, интенсивность должна была увеличиться после ввода лиганда, но, судя по эксперименту, получилось обратное. Куда же тогда пропала энергия при переносе с Phen на ион? Энергетическое состояние молекулы в общем случае описывается энергетическими состояниями движения молекулы как целого (колебания, вращения, поступательного движения), электронных переходов и ядер. Энергия переходов между энергетическими уровнями ядер очень высока и находится в гамма-области спектра, поэтому здесь эти уровни роли не играют. Но и электронные переходы, как мы увидели, в молекуле не произошли – интенсивность люминесценции упала, значит, большая часть молекул не совершила электронных переходов. Остается лишь один способ выхода энергии – через движения молекулы, поэтому предположим, что именно это является причиной потери энергии, которую молекула должна была растратить на люминесценцию. Мерой энергии колебаний и движения молекул тела является температура, значит, температура может оказывать влияние. Проверим, так ли это в нашем случае. Перво-

начальные измерения проводились при комнатной температуре (300 К).

Для наглядности объединим оба комплекса в одну смесь $[Tb_{0,97}Eu_{0,03}(Sal)_3Phen]$ (здесь нижние индексы при Tb и Eu обозначают соотношение масс европия и тербия относительно их суммарной массы. Европия было взято 3% от всей массы с целью лучшей визуальной демонстрации температурного гашения люминесценции тербия) — это не повлияет на люминесцентные свойства соединений по отдельности, но при снятии спектров будет удобно наблюдать изменение длины волны излучения на графике. Грубо говоря, при объединении в одну смесь нам нужно будет снять спектры дважды при 77 К и 300 К, получив два графика, с которыми удобно работать, а без объединения пришлось бы снимать четыре спектра: для Eu при 77 К и 300 К и аналогично для Tb. Четыре графика воспринимаются при сравнении тяжелее, чем два. Объединим и охладим до температуры кипения жидкого азота (77 К) (рис. 11). Люминесценция при низкой температуре происходит предпочтительно в зелёной области (характеристический спектр излучения тербия), и её интенсивность в 2 раза выше, чем интенсивность $Tb(Sal)_3Phen$ при 300 К. Значит, повышение температуры «тушит» люминесценцию – после введения лиганда соединение стало очень чувствительным к температуре.

С европием дело обстоит иначе. Введение лиганда повлияло, как было указано

⁶ Интенсивность измерена в CPS (counts per second).

выше, на его люминесценцию в 2 раза меньше, чем на тербий, поскольку для

европия интенсивность упала в 5 раз, а для тербия – в 10.

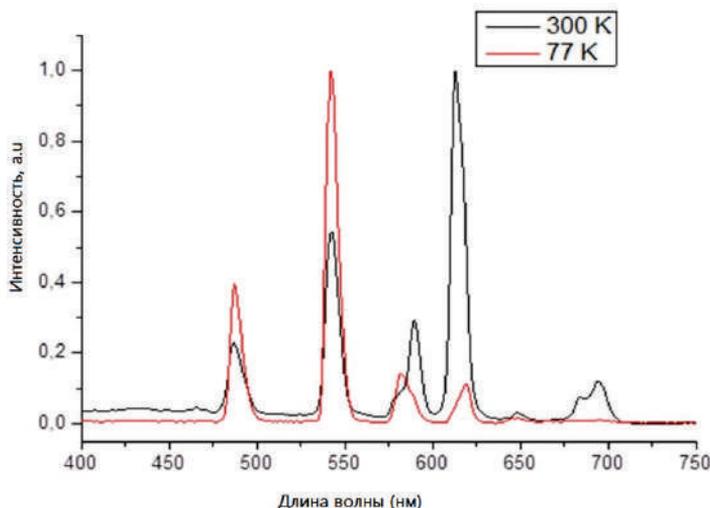


Рис. 11. Зависимости интенсивности от длины волны у $[Tb_{0,97}Eu_{0,03}(Sal)_3Phen]$ при различных температурах, для наглядности обе зависимости наложены друг на друга

Рассмотрим физическую природу температурного тушения люминесценции – причины острого реагирования тербия на изменение температуры. Температура в физическом понимании является мерой энергии колебаний, поступательного движения молекул и их вращения. Каждое колебание имеет частоту и связанную с ней энергию, и если поглощаемая энергия равна энергии колебания, то с большой вероятностью энергия будет потрачена именно на это колебание. Если же поглощаемая энергия в несколько раз больше, то она может быть потрачена только на одновременное возбуждение сразу нескольких таких колебаний. И чем больше поглощаемая энергия, тем меньше вероятность, что она потратится на это колебание.

Помимо фенантролина и центрального иона, в соединении присутствует салицилат, который не участвует в непосредственном процессе переноса энергии, и именно его колебания могут помешать переносу. Самая большая энергия из пространственных колебаний у колебания

группы OH, соответствующие полосы в колебательных спектрах находятся в области $3000\text{--}3500\text{ см}^{-1}$. Но с учётом энергетической разницы между возбуждённым и основным состоянием иона тербия (разность волновых чисел $\sim 13000\text{ см}^{-1}$) даже такое колебание не может погасить его люминесценцию: для этого нужно четыре или даже пять таких колебаний, и поэтому вероятность гашения очень мала.

Но при введении фенантролина это становится возможно: энергии возбуждённого состояния фенантролина и тербия практически равны, в результате чего оба переноса энергии – с Tb на Phen и с Phen на Tb – становятся очень эффективными. Энергия, вместо того чтобы потратиться на люминесценцию, долго «прыгает» между Tb и Phen, и это даёт возможность случиться маловероятному в ином случае процессу гашения через колебание OH (его колебательные уровни). Если бы не было фенантролина, тербий бы люминесцировал, так как энергия не успевала бы гаситься. Если бы не было групп OH, он бы всё равно «светил» рано или поздно – энергия бы

«прыгала», но в итоге потратилась на люминесценцию. Вместе же эти два фактора приводят к эффективному гашению.

Сущность описанных выше процессов проиллюстрирована на диаграмме Яблонского (рис. 12).

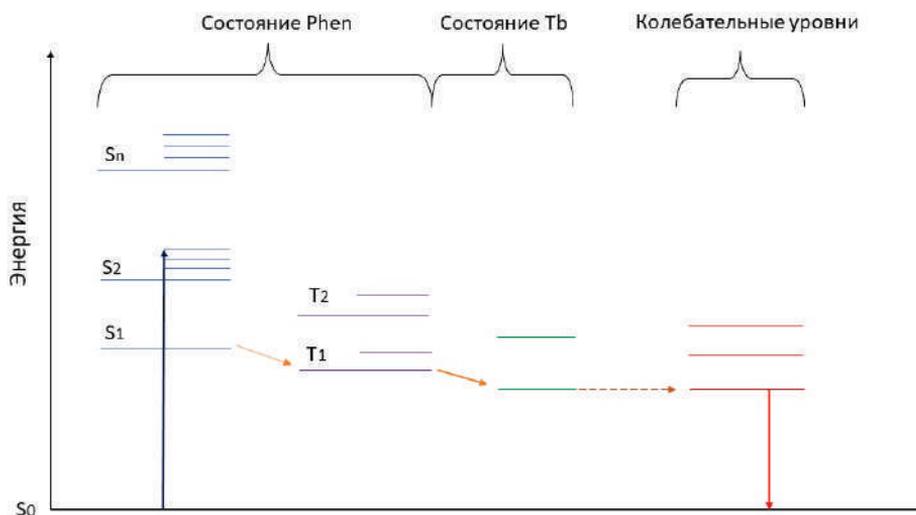


Рис. 13. Диаграмма Яблонского электронных переходов энергии в молекуле $Tb(Sal)_3Phen$

Если обобщить всё вышеизложенное, получается следующее: имеется два атома лантанида различной природы, при введении лиганда в их координационные сферы, появляется возможность осуществления переноса энергии с иона на лиганд за счёт эффекта антенны. На то, насколько эффективен этот переход, иными словами – насколько велики потери энергии в процессе переноса, влияет электронное строение атомов лантанидов и лиганда. При слишком малом зазоре между их энергетическими уровнями интенсивность люминесценции соединения уве-

личивается, но становится очень чувствительна к температуре – появляется эффект температурного тушения люминесценции. При слишком большом зазоре введение лиганда не делает перенос энергии эффективнее, а наоборот, снижает его эффективность.

Грамотный подбор окружения иона лантанида дает возможность создания очень стойких ярко люминесцирующих соединений или, например, люминесцентных термометров, что открывает огромные перспективы не только для научных изысканий, но и для практического применения.

Литература

1. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики, том 2. – М.: Наука, 1971, с. 936.
2. Kaminskii A.A. Crystalline Lasers: Physical Processes and Operating Schemes. – New York: The CRC Press, 1996, p. 592.
3. Fox D., Labes M.M., Weissberger A. Physics and Chemistry of the Organic Solid State, Eds. Interscience (Wiley) Volume II. – New York, 1965, p. 520.
4. Уточникова В.В. Люминесценция органических соединений. – М., 2014, с. 52.
5. Уточникова В.В., Кузьмина Н.П. Фотолюминесценция ароматических карбоксилатов лантанидов. – М.: Наука, 2016, с. 28.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп



Мария Ч.

**Высочин Марк Витальевич***Учащийся 8 класса МАОУ «Лицей № 77 г. Челябинска»***Вахидов Марс Нуриевич***Научный руководитель работы, руководитель ресурсного центра «Химия плюс»*

Внимание: Cr(VI)!

Обнаружение и очистка

Представляем проект, в ходе которого разработана простая и доступная методика, позволяющая обнаружить малые концентрации Cr(VI) в воздухе и в воде, а также удалять эту примесь.

Воздух во многих промышленных городах загрязнён канцерогенными соединениями хрома (VI), источниками которого, в частности, являются автотранспорт и предприятия металлургического комплекса, использующие углеводородное топливо. А методик определения и устранения Cr(VI), соче-

тающих простоту и надёжность, до сих пор не найдено. Поэтому мы решили разработать несколько вариантов несложных способов как обнаружения соединений шестивалентного хрома (цветная реакция) в воде и в воздухе, так и очистки обеих сред от таких соединений.

Обнаружение Cr(VI)

Для обнаружения соединений шестивалентного хрома и очистки от него воды и воздуха мы применяли цветные реакции, основанные на каталитических свойствах соединений шестивалентного хрома; адсорбцию соединений Cr(VI); окислительно-восстановительные реакции соединений хрома Cr(VI) с превра-

щением их в соединения Cr(III) и последующим его связыванием в безопасные продукты.

Для выявления хрома в минерализатах применяют чаще всего реакцию образования надхромовой кислоты, либо реакцию с дифенилкарбазидом, либо проводят обнаружение хромат-ионов в присутствии пер-

манганат-ионов. Однако небольшие, но экологически значимые концентрации шестивалентного хрома в воздухе и в воде обнаруживать по предложенным схемам можно лишь в лаборатории [1].

Поэтому мы приняли решение попробовать обнаружить малые концентрации соединений шестивалентного хрома на основе каталитических свойств его соединений [2, 3].

В качестве хромофора, являющегося субстратом в реакции окисления, мы выбрали индигокармин (индигодисульфоновая кислота). В ходе реакции окисле-

ния индигокармина происходит исчезновение синей окраски раствора. Обычным продуктом окисления индигокармина является слабоокрашенная изатинсульфоновая кислота.

Опытным путём мы подобрали в качестве окислителя пероксодисульфат аммония, так как он окисляет индигокармин медленно.

В ходе эксперимента наблюдалось исчезновение синей (рис. 1а) и развитие желтой (рис. 1б) окраски раствора (обусловлена образованием изатинсульфоновой кислоты).

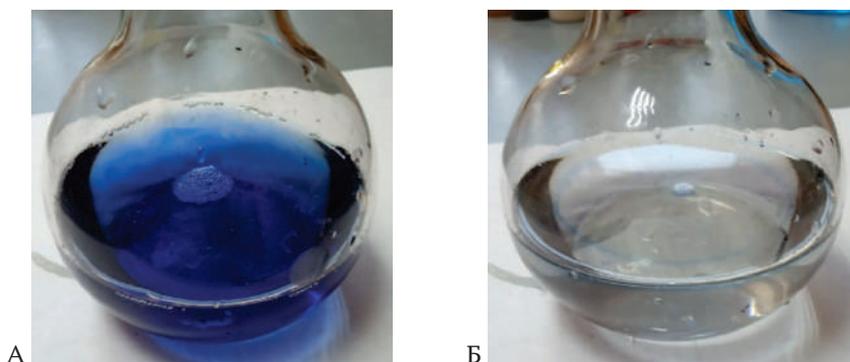


Рис. 1. Вид реакционной смеси в начале окисления индигокармина пероксодисульфат-ионами (а) и ближе к концу (б)

В присутствии соединений шестивалентного хрома реакция значительно ускоряется. Время развития окраски зависит от концентрации соединений Cr(VI) (катализатор). Чем выше концентрация соединений хрома (VI) в растворе, тем выше скорость реакции окисления индигокармина.

Исследование образцов воды на содержание Cr(VI) показало, что предлагаемая нами методика позволяет обнаружить соединения шестивалентного хрома при их концентрациях не менее 0,5 мг/л, что в 5 раз выше значений ПДК.

Для повышения чувствительности предлагаемой методики мы приняли решение использовать в качестве комплекса 2,2-дипиридил и добавили его в водный раствор. Результаты опытов показали, что при наличии в воде соединения шестивалентного хрома сначала проис-

ходит усиление синей окраски (надхромовая кислота), а далее быстрое обесцвечивание раствора.

Мы исследовали время исчезновения синей окраски раствора при содержании Cr(VI) , равном ПДК. Для этого мы взяли в качестве исходного объекта анализа раствор, содержащий дихромат натрия. Время полного исчезновения синей окраски индигокармина (при температуре 20 °С) составило 10 минут. При температуре 10 °С время исчезновения синей окраски составляет примерно 20 минут. Далее мы увеличивали концентрацию Cr(VI) в 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 раз, чтобы обнаружить зависимость между скоростью исчезновения синей окраски раствора и концентрацией Cr(VI) . Результаты приведены в табл. 1 (20 повторений для каждого значения концентрации Cr(VI) при 20 °С).

Табл. 1. Скорость обесцвечивания реакционной смеси в присутствии соединений хрома (IV) с различной исходной концентрацией

Содержание Cr(VI) в воде (мг/л)	Время обесцвечивания раствора (с)
0,1	580 – 610
0,2	279 – 305
0,3	201 – 204
0,4	150 – 160
0,5	121 – 125
0,6	99 – 103
0,7	84 – 82
0,8	74 – 77
0,9	66 – 68
1	58 – 60

Полученные результаты позволяют утверждать, что скорость этой реакции находится примерно в линейной зависимости от концентрации Cr(VI).

Для того, чтобы применить данную методику в быту, мы предлагаем использовать стандартные ёмкости (флаконы, называемые «пенициллинками»). В эти

ёмкости мы помещаем расчётные количества индигокармина, пероксодисульфата аммония и гидросульфат калия (источник сильноокислой реакции среды). Человеку, решившему оценить содержание соединений шестивалентного хрома, достаточно внести в ёмкость воду до отметки и наблюдать результат (рис. 2).



Рис. 2. Проведение анализа на Cr(VI) в быту

Для обнаружения соединений шестивалентного хрома в воздухе мы решили применить колонку, в которую внесена минеральная вата и помещён водный раствор гидрокарбоната натрия (питьевая сода), который создаёт щелочную среду. При пропускании (с помощью компрессора) загрязнённого воздуха через полученный водно-содовый раствор соединения Cr(VI) практически полностью в нём задерживаются. Учитывая объём пропускаемого через

раствор воздуха и объём используемого поглощающего раствора, можно оценить общее содержание соединений Cr(VI) в воздухе.

Скорость исчезновения синей окраски свидетельствует об уровне загрязнения воды соединениями шестивалентного хрома. Предлагаемая нами методика не заменяет лабораторных исследований, однако она позволяет предварительно оценить уровень загрязнения воды и воздуха.

Очистка от Cr(VI)

Отработав способы обнаружения соединений Cr(IV), мы начали оптими-

зировать способы очистки от них и воды, и воздуха.

Для очистки водных сред, в которых соединения шестивалентного хрома присутствуют в форме дихромат-анио-

нов, мы предлагаем применить ионообменные реакции в колонке, изображённой на рис. 3.

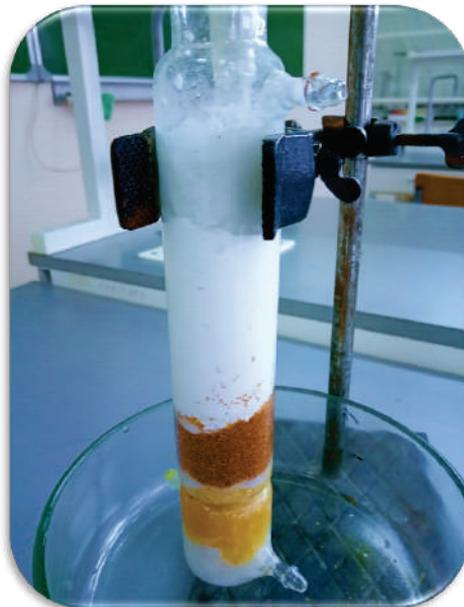
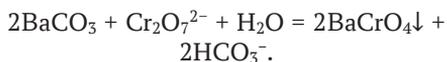


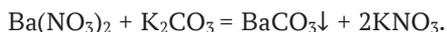
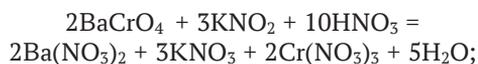
Рис. 3. Колонка с карбонатом бария

В качестве основного наполнителя в колонке применяется практически нерастворимый карбонат бария ($PP = 4,0 \cdot 10^{-10}$). Также колонка содержит катионит и анионит. Когда в колонку поступает вода, содержащая дихромат-анионы, происходит реакция ионного обмена. В результате этой реакции образуется менее растворимый хромат бария ($PP = 1,2 \cdot 10^{-10}$):



На выходе из колонки получается вода, которая избавлена не только от соединений Cr(VI), но и от других загрязнителей воды, а именно от анионов (нитрат, нитрит, фторид, фосфат и др.) и от катионов (свинец, ртуть, кадмий, медь и т.д.)

Когда хромата бария в колонке накопится много, мы извлекаем его и производим регенерацию карбоната бария:



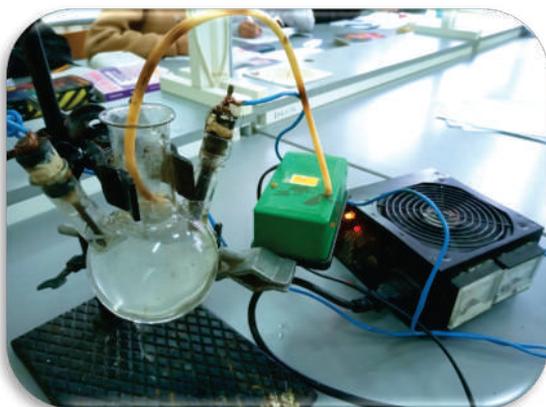
Образующийся раствор нитрата хрома (III) и нитрата калия выпаривают, а сухую смесь солей применяют как микроудобрение в сельском хозяйстве или при создании гидропоники в сити-фермерстве. Хром (III) – важнейший микроэлемент, который необходим человеку, так как играет значимую роль в обмене углеводов.

Завершающим этапом работы стал поиск способов эффективной очистки воздуха от частиц, содержащих соединения шестивалентного хрома.

В результате проведённых нами экспериментов мы пришли к идее применить «мокрый метод» очистки воздуха от соединений шестивалентного хрома (поглощение водным раство-

ром). Через водный раствор, содержащий 5 % сульфата железа (II) и 10 %

серной кислоты, пропускаем воздух (рис. 4).



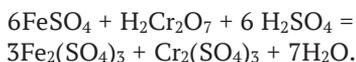
А



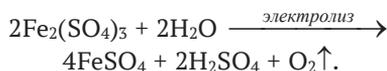
Б

Рис. 4. Электрохимическая регенерация сульфата железа (II) и обезвреживание соединений хрома (VI): вид прибора (а) и окислительно-восстановительная реакция: хром (VI) переходит в хром (III) с образованием раствора, имеющего различные зеленые оттенки (б)

Соединения Cr(VI) поглощаются раствором и вступают в окислительно-восстановительную реакцию с сульфатом железа (II):

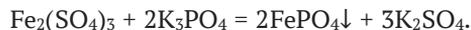
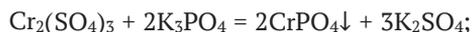


Очевидно, что сульфат железа (II) постепенно расходуется. Добавлять его в раствор непрерывно нецелесообразно, поэтому мы приняли решение регенерировать сульфат железа (II) с помощью электролиза:



Поглощающая ёмкость – это электролизёр, чаще всего имеющий форму колонки. В верхней части этой колонки помещён железный катод, а в нижней – инертный анод (платинированный графит). Воздух в колонку поступает снизу. Чтобы увеличить путь пузырьков воздуха (чем больше этот путь, тем полнее извлечение хромсодержащих частиц), в колонке находится минеральная вата, не реагирующая с компонентами раствора.

В колонке с электролитом, помимо соединений шестивалентного хрома, могут задерживаться и другие соединения металлов (цинк, железа и др.). После того как в поглощающей ёмкости накапливается большое количество сульфата хрома (III), электролит извлекают и осаждают (совместно с железом (III)), добавляя к предварительно нейтрализованному раствору ортофосфат калия. Схема процесса:



Полученную смесь фосфатов можно применять, например, как микроудобрение (железо + хром + сера).

Таким образом, разработана методика, позволяющая обнаружить малые концентрации шестивалентного хрома в воздухе и в воде. Цветная реакция обнаружения соединений шестивалентного хрома позволяет не только выявить его в водной среде Cr(VI), но и оценить его концентрацию относительно ПДК. Предлагаемую методику обнаружения соединений Cr(VI), основанную на примене-

нии простого, доступного, безопасного оборудования и реактивов, можно применять для анализа воды и воздуха вне лаборатории.

Для очистки воды от соединений шестивалентного хрома мы предлагаем применять поглощающую колонку с тремя слоями наполнителя (карбонат бария, катионит и анионит). Для очистки

воздуха от частиц, содержащих соединения шестивалентного хрома, мы применили «мокрый» метод, используя электролит, содержащий сульфат железа (II) и серную кислоту. Получаемые в ходе очистки воды и воздуха соединения могут применяться, например, в сельском хозяйстве (микроудобрения) или в качестве катализаторов.

Литература

1. Алексеев В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа: учебник для студентов нехимических специальностей высших учебных заведений. – Изд. 6-е, стер. – М.: Альянс, 2007. – 584 с.

2. Галактионов С.Г. Биологически активные вещества. – [URL: https://www.litmir.me/br/?b=190544&p=1](https://www.litmir.me/br/?b=190544&p=1)

3. Гарин В.М., Кленова И.А., Колесников В.И. Промышленная экология: учеб. пособие. – М.: Маршрут, 2008. – 328 с.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Невезению вопреки

Однажды репортёры расспрашивали английского микробиолога Александра Флеминга о том, как он открыл пенициллин.

– В жизни мне всегда не везло, – тяжело вздохнув, начал учёный. – В детстве я много болел и мечтал стать врачом, но у моих родителей – бедных фермеров – не было денег, чтобы осуществить мою мечту. Потом они и вовсе разорились, и мы переехали в Лондон.

– И там ваша мечта осуществилась: вы поступили в университет?

– Да, но меня приняли только потому, что я был хорошим пловцом. Из-за постоянных тренировок и соревнований времени на учёбу почти не оставалось, и самое большее, что сулило мне будущее – это скромная должность в каком-нибудь провинциальном городке.

– И тут ваши таланты были оценены по достоинству?

– Да, но профессор Уайт пригласил меня в свою лабораторию только потому, что ему нужен был физически сильный помощник. Профессору понравился не мой талант, а мой рост.

– И в его лаборатории вам удалось сделать выдающееся открытие?

– Да, но помогла в этом очередная неудача. Когда я ставил опыты, подул сильный ветер, распахнулась форточка, и сквозняком в мои чашки Петри занесло споры плесневого гриба. Естественно, эксперимент был испорчен, и мне грозили крупные неприятности. С отчаяния я решил повнимательнее присмотреться к непрошеным «гостям» и открыл пенициллин...

– И вот тут-то вам, наконец, повезло?

– Да, но сначала коллеги окрестили пенициллин «сомнительным снадобьем», а меня – «средневековым алхимиком». Лишь во время второй мировой войны выявились прекрасные лечебные свойства нового препарата...

– И к вам пришла заслуженная слава?

– Да, но когда? Пенициллин был открыт мною в 1929 году, и к окончанию войны все уже забыли, кто это сделал. Так что в 1945 году меня с трудом разыскали, чтобы вручить Нобелевскую премию.

<http://content.mail.ru/arch/23161/1538875.html>

Эксперимент



Хаванова Александра Антоновна

Ученица 9 класса МБОУ ДО Центр «Созвездие»

*Научный руководитель – Могилевцева Дарья Игоревна,
к.г.-м.н., педагог дообразования МБОУ ДО Центр
«Созвездие»*

Определение пигмента, образующегося в белых хризантемах

Объектом исследования может стать что угодно. Достаточно задержать взгляд на чем-либо и задать себе вопрос: почему так? как это происходит? чем объясняется? И сделать следующий шаг: а что нужно предпринять, чтобы это выяснить?

Конечно, взгляд задерживается не на чем попало, а на том, что интересно и актуально. Предлагаем вашему вниманию интересную работу, выросшую из взгляда на простой цветок.

В последнее время сельскохозяйственная отрасль набирает обороты, расширяет ассортимент, применяет новые технологии. Одним из элементов этой отрасли является цветоводство. Экономическая ситуация в стране позволяет развиваться спросу и предложению на эстетические товары, в том числе и цветы. Развиваются основанные на генной инженерии методы получения окрасок, не характерных для некоторых видов цветов (например, зелёные цветы, жёлтые и голубые пеларгонии и т.п.). Также активно изучаются и применяются на практике способы влияния на окраску цветов в садах путём изменения кислотности почвы (пример – гортензии). С другой стороны, немаловажной

проблемой является доставка срезанных цветов на продажу самолетами в холодильниках, так как оказалось, что некоторые цветы способны менять окраску при нарушении теплового режима.



Рис. 1. Белая хризантема, меняющая цвет

Осенью я обратила внимание на то, что в саду белые хризантемы при наступлении холодов начинают изменять цвет на бледно-сиреневый, в то время как срезанный букет из этих же хризантем, находящийся несколько дней дома в тепле, остаётся белым (рис. 1). Меня очень заинтересовал этот вопрос. Если допустить, что подобные хризантемы выращивают где-то на юге, отправляют их в холодильнике заказчику, а он получит бледно-сиреневые цветы неоднородной окраски, то для бизнеса это может представлять существенную проблему.

Для начала я решила выяснить, какой именно пигмент служит причиной появления данного цвета у белой хризан-

Выделение пигмента и его определение

Для сравнения я отобрала, кроме розовевшей хризантемы, пять видов цветов: пеларгония красная, хризантема жёлтая, астра виргинская, пеларгония белая, хризантема белая (рис. 2).



Рис. 2. Цветы для эксперимента

На первом этапе я измельчила лепестки, чтобы выделилось как можно больше пигментов. В измельчённые лепестки я добавила этиловый спирт (95%). Ждала 15 минут. Получившиеся рас-

темы. У растений существует несколько видов пигментов. *Хлорофилл* – зелёный пигмент, окрашивающий хлоропласты растений в зелёный цвет. *Каротиноиды* – жирорастворимые растительные пигменты от жёлтого до красного оттенка. *Антоцианы* – пигменты из группы флавоноидов, они содержатся в клеточном соке растений, окрашивая их в красный, фиолетовый, голубой цвета.

Достоверно установлено, что за окраску краснокочанной капусты отвечает антоциан, поэтому для эксперимента в качестве эталона цвета антоциана в разных средах был получен индикатор pH среды именно из краснокочанной капусты. Для этого капуста измельчается, отжимается сок, и индикатор готов.

творы (рис. 3) отфильтровала и оставила на ночь при температуре 4 °С.



Рис. 3. Готовые спиртовые вытяжки из растений

На следующий день все растворы я разделила на две части: в первую часть добавляла уксус (кислотная среда), а во вторую часть – средство для мытья «антижир» («Крот», щелочная среда), и наблюдала за изменением цвета растворов. Результаты приведены в табл. 1.

Табл. 1. Окраска вытяжек из цветов в разных средах

цветок	Окраска в кислой среде	Окраска в нейтральной среде	Окраска в щелочной среде
Пеларгония красная	ярко-оранжевая	розовая	тёмно-зелёная
Жёлтая хризантема	ярко-жёлтая	бледно-жёлтая	оранжевая
Астра виргинская	светлый серо-голубой	прозрачный серый	светло-жёлтый
Пеларгония белая	светло-жёлтый	светло-золотой	ярко-оранжевый
Хризантема белая	розовый	золотисто-сиреневый	болотный (рис. 4)



Рис. 4. Хризантема белая: окраска вытяжки в кислотной и щелочной средах

Разделение вытяжки методом хроматографии

В ноябре 2020 г. я участвовала в субботнем занятии «Академический класс» на химическом факультете МГУ онлайн, посмотрела лекцию и сделала практическую часть. Тема занятия была «Разделение растительных пигментов методом колоночной хроматографии».

Я использовала прозрачную часть корпуса авторучки без стержня, сорбент, подставку из картонной коробки, сок свёклы, вода. Опишу сами действия.

А) В сорбент добавить воду.

Б) Увлажнённый сорбент добавить в прозрачную часть корпуса авторучки (рис. 5) и ждать, пока не выйдет лишняя вода (сорбент будет влажный, и он осядет).

В) Добавить сок свёклы (рис. 6).

Сок свёклы разделится на две части: светло-жёлтую и розовую. Происходит разделение пигментов (предположительно это каротиноиды и антоцианы, соответственно).



Рис. 5. Добавление сорбента в корпус ручки

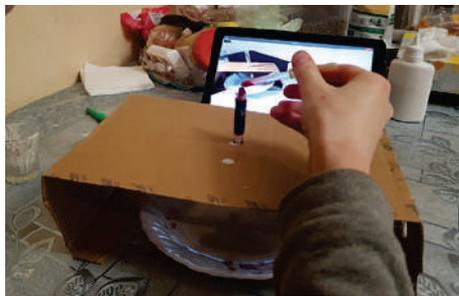


Рис. 6. Добавление сока свёклы

Далее я попробовала разделить методом хроматографии вытяжку из белой порозовевшей хризантемы, но, к сожалению, она слишком долго хранилась и потеряла свой цвет, приобретя бурый оттенок травяной настойки. Поэтому достоверно доказать присутствие антоцианов не удалось.

В ходе исследования я получила опыт работы в новых для меня областях (химии и физиологии растений), научилась делать вытяжки пигментов, освоила метод колоночной хроматографии.

В литературных источниках (например, [4]) однозначно написано, что белая хризантема не содержит в составе своих лепестков каротиноиды или антоцианы, придающие окраску растениям. Однако с наступлением холодных ночей осенью белые хризантемы неожиданно приобретают бледно-розовый оттенок. Следовательно, существуют вещества – предшественники пигментов, которые при определенных условиях меняют цвет белого растения. Подобный эффект я замечала на лепестках белой герани: некоторые отдельные лепестки приобретали бледный розоватый оттенок, однако происходило это в летнее время года.

Выделить данный пигмент не удалось, так как его слишком мало.

Вероятным предшественником антоцианов являются лейкоантоцианы, вещества, не имеющие цвета. Я собираюсь изучить это явление подробнее, а также попытаться искусственно вызвать появление окраски путём изменения температурного режима хранения срезанных растений.

Литература

1. Артамонов В.И. Занимательная физиология растений. – М.: Агропромиздат, 1991. – 337 с.
2. Большая Советская Энциклопедия: в 30 т.: т. 2. – М.: Сов. Энцикл., 1970. – 97 с.
3. Меженский В.Н. Растения-индикаторы. – М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2004. – 76 с.
4. Akemi Ohmiya. Molecular mechanisms underlying the diverse array of petal colors in chrysanthemum flowers. // Breeding Science. – https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsbbs/68/1/68_17075/html/-char/en.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Как бы стоило называть некоторые химические статьи чтобы сразу понимать, что читать их не стоит

«Получение мало кому нужного природного соединения с помощью утомительных методов синтеза»;

«Незначительный энантиомерный избыток, достигаемый с помощью малоустойчивого катализатора, синтезируемого в девять стадий»;

«Связывание наностержней с нанопластинами с помощью нанопружин – первый шаг в получении наноматрасов»;

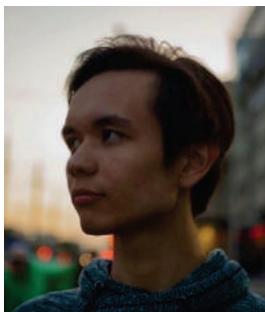
«Методы синтеза, часть 87: Новый реагент для конверсии первичных спиртов в альдегиды»;

«Выделение давно известного соединения терпенового ряда из сорняков, растущих на клумбе перед нашим институтом»;

«Еще один способ получения дегтя из биомассы с использованием всего лишь половины элементов таблицы Менделеева»;

«Эффективное расщепление связи азот-азот с помощью стехиометрических количеств платинаорганического соединения в атмосфере аргона».

Хочу быть



Зарипов Артем Альбертович

Студент 3 курса химического факультета МГУ, преподаватель олимпиадной химии в СУНЦ МГУ

Через инертные газы к звёздам

Как изучают химические реакции, протекающие в космосе? Звучит удивительно, но для этого используют вещества, казалось бы, вообще не склонные вступать в реакции – инертные газы...

В сознании большинства школьные годы оставляют глубокий отпечаток о том, что инертные газы не вступают в химические реакции. Однако все стереотипы в одночасье разрушил Лайнус Полинг, синтезировав $\text{Xe}[\text{PtF}_6]$ из ксенона и гексафторида платины. В самом деле, если гексафторид платины способен оторвать электрон от молекулы кислорода, то почему же он не способен сотворить подобное с ксеноном? Ведь потенциалы ионизации этих двух газов вполне сопоставимы по величине. Это положило

начало развитию новой области, название которой, казалось бы, звучит весьма экзотично – «химия инертных газов».

Существенный вклад в эту область внесла группа финских ученых в 1995 году, которая обнаружила, что в низкотемпературных матрицах инертных газов возможно протекание химических реакций с образованием нетривиальных молекул с общей формулой HNgX (Ng – атом инертного газа, X – электроотрицательный фрагмент) (рис. 1).

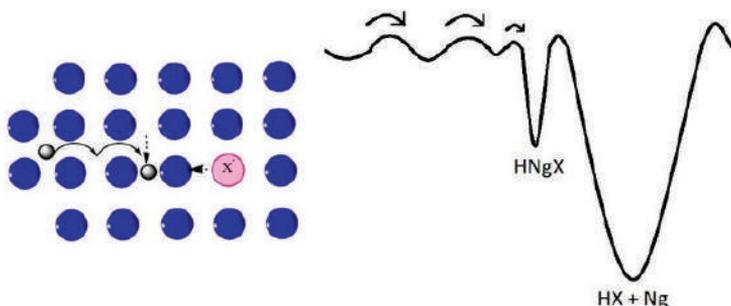


Рис. 1. Схема образования гидридов инертных газов в ксеноновых и криптоновых матрицах ($\text{Ng} = \text{Xe}$ или Kr)

Столь необычные соединения, именуемые гидридами инертных газов, вызвали большой интерес к изучению их свойств и заставили пересмотреть классические представления о природе химической связи. Как известно, все атомы стремятся к восьмиэлектронной заполненной оболочке. Тогда о каком химическом взаимодействии может идти речь, если у элементов VIIIA группы она и так полностью заполнена? Тем не менее на сегодняшний день синтезировано более тридцати гидридов инертных газов, в том числе соединения на основе органических молекул ацетилена, диацетилена и фенилацетилена.

Помимо фундаментального научного интереса, химия инертных газов имеет и практическое применение.

Ионизирующее излучение является одним из ключевых инициаторов химических реакций в космосе. В связи с этим изучение радиационно-химических превращений молекул межзвездного пространства представляет особый интерес для сравнительно молодой и, вместе с тем, быстро развивающейся области науки – астрохимии. Учёные, работающие в этой области знания, изучают химические взаимодействия в космическом пространстве, например, фазы в процессе образования звезд и планет. Долгое время считалось, что тема астрохимии как таковая в науке отсутствует. Утверждалось, что сложные молекулярные соединения могут присутствовать только на Земле. За её пределами не стоит искать какие-то химические соединения.

Однако в последней четверти XX века выяснилось, что химические реакции, происходящие в межзвёздных льдах, могут приводить к образованию сложных органических молекул. В их числе некоторые аминокислоты – потен-

циальные кирпичики для формирования жизни на Земле. Традиционный подход к моделированию «холодных» астрохимических процессов связан с использованием льдов на основе молекулярных компонентов, наиболее распространённых в различных внеземных средах (вода, оксид углерода, диоксид углерода и некоторые другие).

Как оказалось, такие процессы можно с высокой точностью моделировать в лаборатории, чтобы понять, как взаимодействуют молекулы в космическом пространстве.

Основной метод, который применяют химики – это заморозка смеси инертного газа с молекулами какого-либо вещества. Достигнув температуры 4–20 К (неплохой холодильничек!), эти молекулы оказываются изолированными в твердой матрице инертного газа. Далее действуют светом или ионизирующим излучением и смотрят, какие промежуточные частицы получаются. Действие светом подобно солнечному облучению веществ в космосе.

Использование таких модельных сред и условий позволяет стабилизировать различные промежуточные вещества радиохимических превращений. В рамках астрохимии важность таких экспериментов сложно переоценить. Благодаря им учёные имеют возможность пошагово проследить эволюцию радиационно-химических реакций и понять их механизм. Так, например, недавно был исследован процесс взаимных превращений органических веществ, содержащих два атома углерода. Полученные результаты могут представлять ценность для развития новых предсказательных моделей в астрохимии. Возможно, благодаря подобным исследованиям в скором будущем учёные смогут разгадать тайну зарождения жизни на Земле.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

В аптеке

- У вас активированный уголь есть?
- У нас только неактивированный. Но вы можете отправить СМС на короткий номер ****. В ответ придёт код активации.



Калейдоскоп



Табачных Анастасия Васильевна

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

Журавлева Галина Николаевна

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



Кроссворд «Заболевания желудка»

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

1. Ощущение вздутия и распираания живота, может сопровождаться кишечной коликой и облегчается после отхождения газов.

2. Исход гипертрофического гастрита с пониженной секрецией.

3. Микроорганизм, вызывающий хронический гастрит.

4. Ощущение дискомфорта или чувства жара, жжения за грудиной, распространяющееся кверху от эпигастральной (подложечной) области по ходу пище-

вода при забросе в пищевод кислого содержимого из желудка.

5. Развитие язвы-рака.

6. Прорастание язвы желудка или двенадцатиперстной кишки в окружающие органы или ткани.

7. Непроизвольное выбрасывание содержимого желудка через пищевод, глотку, ротовую полость.

8. Воспаление слизистой желудка, сопровождающееся нарушением секреции соляной кислоты и моторики желудка.

1. По квитанции через Сбербанк

Электронная подписка

Стоимость любого номера в pdf-формате составляет 50 рублей
Вся информация на сайтах

edu-potential.ru
www.karand.ru

2. В редакции журнала

115184, г. Москва, Климентовский пер., д. 1/1,
(м. «Третьяковская», «Новокузнецкая»), тел. (495) 787-24-95.

Где можно приобрести журнал?

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

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

Реквизиты

000 «Азбука – 2000»
ИНН 7726276058/КПП 772601001
БИК 044525225
Расч. счёт – 40702810338330102512
Корр. счёт – 30101810400000000225
Московский банк ПАО «Сбербанк России»

Теперь вы можете читать журнал со своего планшета!



Фото с Международной компьютерной школы



В следующем номере:

- ◆ Алмаз в наномире. *Кулакова И.И., Морозова Н.И.*
- ◆ Задания Проектной химической олимпиады 2021-22 для 10 класса (1 тур). *Мещеряков Н.В.*
- ◆ Если бы COVID-19 был компьютерным вирусом. *Кондаков М.М.*
- ◆ Зимние членистоногие. *Шамрина А.А., Петров П.Н.*

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

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

Тел. (495) 787-24-94, (495) 787-24-95
E-mail: potential@potential.org.ru

Наши спонсоры



АЗБУКА

Полиграфическая компания
Тел: (985) 768-25-48,
(495) 787-24-95
www.azbukaprint.ru



www.internat.msu.ru