

# ХИМИЯ

ISSN 2077-1959

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ГАЗЕТА ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ХИМИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

1–15 января 2011

Основана в 1992 г.

him.1september.ru

№ 1

79

Au

196,97

ЗОЛОТО

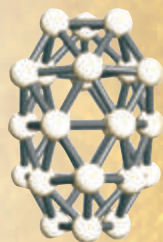
$5d^{10}6s^1$

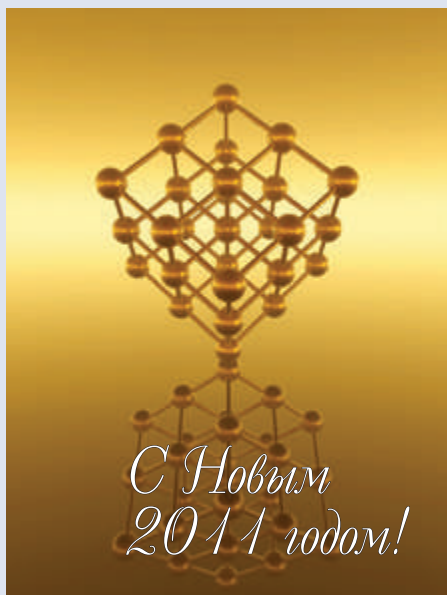
Au

ЗОЛОТО  
МЕТАЛЛ

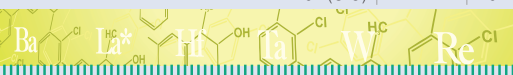
$4,3 \cdot 10^{-7} \%$  | от массы  
земной коры

Возможные структуры  
нанокластера  
Au<sub>24</sub>





№ 01 (815) | ХИМИЯ | 2011



## Читайте в номере

### ХИМИЯ

Методическая газета  
для учителей химии  
и естествознания

#### РЕДАКЦИЯ:

Гл. редактор: О. Блохина  
Редакторы: Т. Богатова,  
О. Валединская,  
А. Зачернюк

Дизайн макета и обложки:  
И. Лукьянов

Верстка: С. Сухарев  
Графика: Д. Кардановская  
Корректор: Е. Полячек  
Набор: М. Королева  
Фото: фотобанк Shutterstock

Газета распространяется по подписке

Цена свободная Тираж 5400 экз.

Тел. редакции: (499) 249-0468

Тел./факс: (499) 249-3138

E-mail: [him@1september.ru](mailto:him@1september.ru)

<http://him.1september.ru>

© Химия, 2010. При перепечатке ссылка  
на газету «Химия» обязательна.

Редакция не несет ответственности за содержание  
и оформление рекламных объявлений

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ: Роспечать: инд.-32034; орг.-32597 Почта России: инд.-79151; орг.-79605

ХИМИЧЕСКИЕ НЕОБЫЧНОСТИ  
М.М.Левицкий  
КОРЗИНА ПЕСТРЫХ  
ФАКТОВ ..... 3

ГАЛЕРЕЯ ИЗВЕСТНЫХ ХИМИКОВ  
А.Г.Малин  
БЫТЬ ЕДИНСТВЕННОЙ И  
ПЕРВОЙ.  
К 100-летию присуждения  
Нобелевской премии  
по химии М.Склодовской-  
Кюри..... 16

ТЕСТЫ  
Т.А.Журавлева  
ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ  
ЗАБЛАГОВРЕМЕННО.  
Тесты по химии для основной  
и средней школы ..... 24

КОНКУРС «Я ИДУ НА УРОК»  
С.В.Ларина  
МЕТАЛЛЫ В МЯГКОЙ  
УПАКОВКЕ.  
Комплексные соединения.  
10 класс ..... 28

В ПОМОЩЬ МОЛОДОМУ УЧИТЕЛЮ  
Е.Н.Данина  
ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА.  
Урок-зачет. 8 класс ..... 33

ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ  
И.В.Шанцев, А.А.Знатнова  
ХИМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ  
СОЛЕЙ.  
Интегрированный урок  
по химии и географии.  
8 класс ..... 36

Г.И.Малышева  
ЛАРЕЦ ДЕДА МОРОЗА  
Внеклассное  
мероприятие..... 45

ШКОЛА: ВРЕМЯ РЕФОРМ  
О.Э.Анацко  
ЗНАКОМСТВО  
С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМОЙ.  
Урок естествознания  
(природоведения)  
в начальных классах ..... 42

КРОССВОРДЫ  
В.Г.Федоринов  
КРОССВОРД  
«ХИМИЧЕСКИЙ» ..... 47

ОТВЕТЫ НА КРОССВОРД  
«СНЕЖИНКА» ..... 27

Основана в 1992 г. Выходит два раза в месяц

#### ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Главный редактор:  
Артем Соловейчик  
(генеральный директор)  
Коммерческая деятельность:  
Константин Шмарковский  
(финансовый директор)  
Развитие, IT  
и координация проектов:  
Сергей Островский  
(исполнительный директор)  
Реклама и продвижение:  
Марк Сартан  
Мультимедиа, конференции  
и техническое обеспечение:  
Павел Кузнецов  
Производство:  
Станислав Савельев  
Административно-  
хозяйственное обеспечение:  
Андрей Ушков  
Дизайн:  
Иван Лукьянов, Андрей Балдин  
Педагогический университет:  
Валерия Арсланян (ректор)

#### ГАЗЕТЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

Первое сентября – гл. ред. Е. Бирюкова,  
Английский язык – гл. ред. А. Громушкина,  
Библиотека в школе – гл. ред. О. Громова,  
Биология – гл. ред. Н. Иванова,  
География – гл. ред. О. Коротова,  
Дошкольное  
образование – гл. ред. М. Аромштам,  
Здоровье детей – гл. ред. Н. Семина,  
Информатика – гл. ред. С. Островский,  
Искусство – гл. ред. М. Сартан,  
История – гл. ред. А. Савельев,  
Классное руководство и воспитание  
школьников – гл. ред. О. Леонтьева,  
Литература – гл. ред. С. Волков,  
Математика – гл. ред. Л. Рослова,  
Начальная школа – гл. ред. М. Соловейчик,  
Немецкий язык – гл. ред. М. Бузова,  
Русский язык – гл. ред. Л. Гончар,  
Спорт в школе – гл. ред. О. Леонтьева,  
Управление школой – гл. ред. Я. Сартан,  
Физика – гл. ред. Н. Козлова,  
Французский язык – гл. ред.  
Г. Чесновицкая,  
Химия – гл. ред. О. Блохина,  
Школьный психолог – гл. ред. И. Вачков

#### УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО «ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»

Зарегистрировано  
ПИ № 77-7234 от 12.04.01  
в Министерстве РФ  
по делам печати  
Подписано в печать:  
по графику 02.12.10,  
фактически 01.12.10  
Заказ №  
Отпечатано в ОАО «Чеховский  
полиграфический комбинат»  
ул. Полиграфическая, д. 1,  
Московская область,  
г. Чехов, 142300

#### АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:

ул. Киевская, д. 24,  
Москва, 121165  
Тел./Факс: (499) 249-3138  
Отдел рекламы:  
(499) 249-9870  
Сайт: [1september.ru](http://1september.ru)

#### ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:

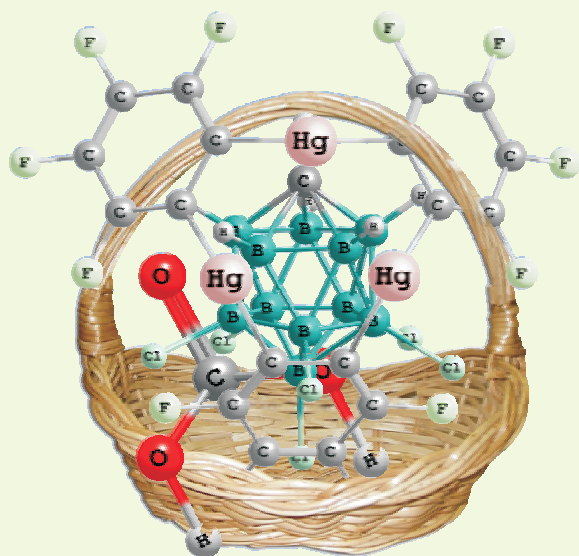
Телефон: (499) 249-4758  
E-mail: [podpiska@1september.ru](mailto:podpiska@1september.ru)



Документооборот Издательского  
дома «Первое сентября» защищен  
антивирусной программой Dr.Web

# Корзина пестрых фактов

М.М.ЛЕВИЦКИЙ



*Крохотный факт  
стоит целого сонма  
несбыточных грез.*

Ралф Эмерсон

Химия — безусловно, истинная наука, в ней много накопленных результатов, законов и правил, но всегда есть место неожиданностям. Иногда бывает, что сложившиеся представления так прочно укореняются в сознании, что неожиданный факт, который не согласуется с общепринятыми понятиями, воспринимается с недоверием или как чудо. Тем не менее, у химии (точнее, у химиков) всегда хватает терпения и мудрости, чтобы во всем разобраться и поставить на свои места. Далее рассмотрим некоторые случаи, когда то, что казалось невозможным, удалось осуществить.

## ИСПРАВИМ УЧЕБНИК ХИМИИ

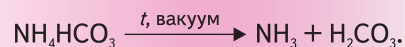
*Только не обещайте исправить положение вещей,  
а то опять каких-то вещей не досчитаемся!*

Михаил Мамчич

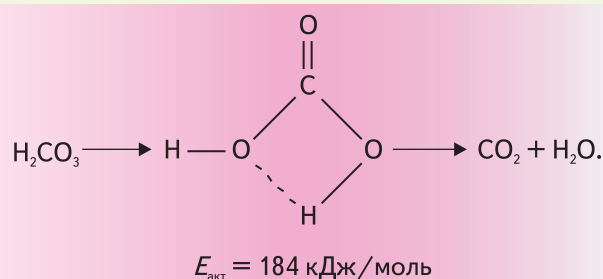
Сразу отметим, что этот случай исключительно редкий. В учебниках содержатся знания, отшлифованные и проверенные десятилетиями, тем не менее, бывают сюрпризы. Практически в каждом учебнике сказано, что угольная кислота  $\text{H}_2\text{CO}_3$  в свободном виде не существует, она быстро распадается с образованием  $\text{CO}_2$  и воды, что мы часто можем наблюдать, открывая газированные напитки. Вот, например, фраза из учебника «Начала химии»\*: «...В свободном виде угольная кислота неизвестна, так как она неустойчива и легко разлагается...» Результат был проверен столь многократно, что не вызывал никаких сомнений, потому не будем никого укорять за ошибку, поскольку до определенного момента это считалось истиной. Современные исследования показали, что в это утверждение можно внести поправку (Ludwig R., Kornath A. Angew. Chem. Int. Ed., 2000, v. 39, p. 1421).

Если протонировать безводный гидрокарбонат калия  $\text{KHCO}_3$  при низкой температуре ( $-110^\circ\text{C}$ ), то атом К замещается атомом Н, в итоге образуется угольная кислота  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Был найден также и более простой

способ — нагревать в высоком вакууме гидрокарбонат аммония:



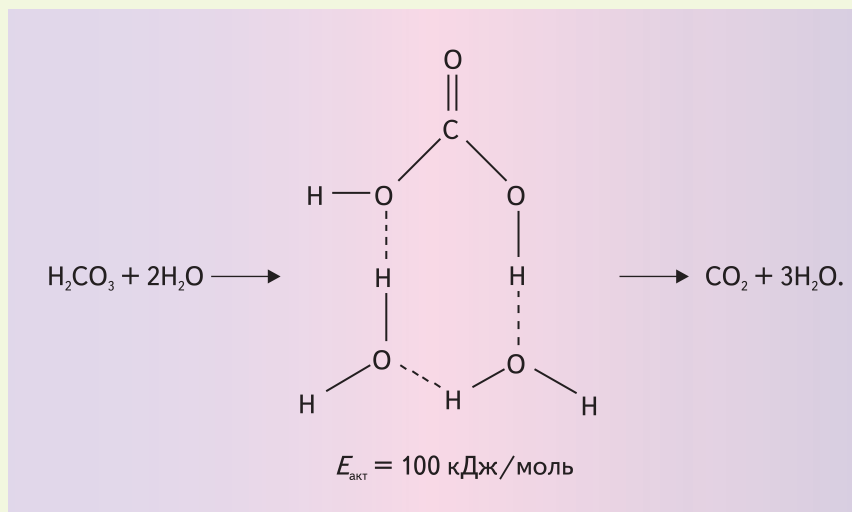
Стабильность чистой  $\text{H}_2\text{CO}_3$  оказалась столь высока, что ее можно было сублимировать в вакууме без разложения. Объяснение было найдено с помощью расчетов. Выяснилось, что для разложения безводной угольной кислоты требуется преодолеть энергетический барьер в 184 кДж/моль (44 ккал/моль), это так называемая энергия активации. При этом разложение проходит через трудно образующийся переходный комплекс, содержащий четырехчленный (с четырьмя атомами) цикл, водородная связь между О и Н показана пунктиром:



В присутствии воды, т.е. при обычном способе разложения  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , легко образуется восьмичленный переходный комплекс с участием двух молекул  $\text{H}_2\text{O}$ ,

\* Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А. Начала химии: Современный курс для поступающих в вузы. М.: Экзамен, 2005.

в этом случае энергетический барьер почти вдвое ниже – 100 кДж/моль (24 ккал/моль), и процесс проходит очень быстро:



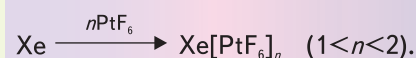
Возможность существования угольной кислоты в свободном виде не только интересна, но и важна: это открытие позволило по-новому взглянуть на процесс дыхания. Полагают, что в живом организме за счет образования  $\text{H}_2\text{CO}_3$  из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , катализируемого специальным ферментом, осуществляется быстрый перенос из клеток в кровь углекислого газа, который затем мы выдыхаем через легкие. Поскольку свободная угольная кислота получена и, естественно, изучен ее спектр, астрономы полагают, что теперь она может быть спектрально обнаружена в атмосфере планет Солнечной системы.

### ПОЛУВЕКОВАЯ ИЛЛЮЗИЯ

*Все иллюзия.  
Конечно, и предыдущая фраза.*  
Станислав Ежи Лец

С момента открытия в начале XX в. благородных газов (He, Ne, Ar, Kr, Xe) и вплоть до 1962 г. они считались химически абсолютно пассивными, поэтому их назвали инертными газами. В результате работ канадского ученого Нила Бартлетта эти представления пришлось пересматривать. Изучая фторированное соединение платины  $\text{PtF}_6$ , Бартлетт обратил внимание на его сильнейшие окислительные способности: оно способно окислять даже молекулярный кислород, который, как известно, сам является хорошим окислителем. В результате получается соединение, где у кислорода изъят один электрон и он получает положительный заряд:  $\text{O}_2^+[\text{PtF}_6]^-$ . Бартлетту пришла в голову интересная мысль: если гексафторид платины может оторвать электрон от кислорода, то он может проделать то же самое в реакции с ксеноном, поскольку, как уже было известно, для этого требуется несколько меньшая энергия, чем в случае кислорода.

В результате опыта он получил сразу несколько химических соединений переменного состава, содержащих ксенон:



Сообщение об этом сразу привлекло внимание химиков. Оказалось, что фторировать ксенон можно и без участия платины действием элементарного фтора, так удалось получить  $\text{XeF}_4$  и  $\text{XeF}_6$ . Фтор – настолько сильный окислитель, что способен отрывать электроны даже от устойчивой восьмиэлектронной оболочки инертного газа (рис. 1). На этом исследователи

не остановились, удалось даже получить кислородные соединения ксенона, например  $\text{XeO}_3$ .



Нил Бартлетт (р. 1932) рядом с почетным дипломом Американского химического общества

Таким образом, миф, утверждавший абсолютную инертность благородных газов, удалось разрушить. Возникло не только новое направление в химии, это открытие привело к пересмотру некоторых фундаментальных представлений. Нулевую группу в периодической системе элементов упразднили, а благородные газы поместили в VIII группу, т.е. туда, где находятся малоактивные благородные металлы палладиевой и платиновой групп.

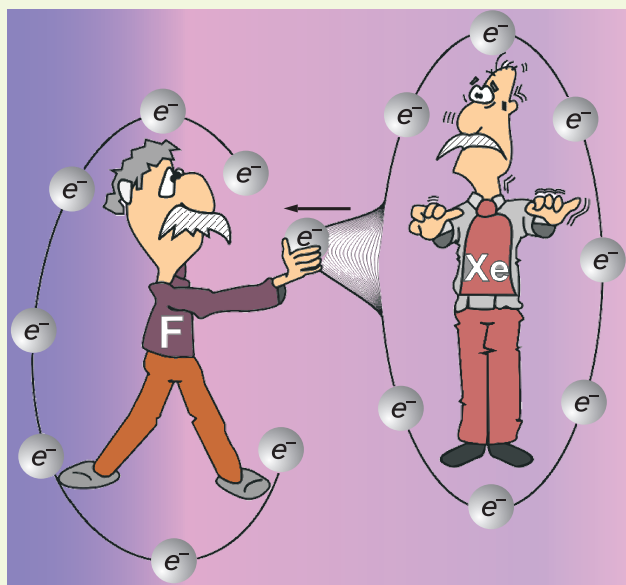


Рис. 1. Фтор забирает один электрон у ксенона

## ПРОКАТИТЬСЯ НА РЕАКЦИИ

*Хорошо кататься по российским просторам  
на импортном внедорожнике, плохо только,  
что попадаются дороги.*

Стас Янковский

Иногда случается так, что разрозненные факты, если их объединить, могут указать новое направление исследований. Рассмотрим в этой связи, как археологические исследования и, независимо от них, обычные бытовые наблюдения привели к пониманию нового явления.

### Существует ли самородный алюминий?

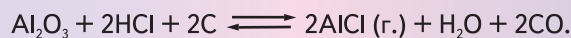
Самородный – значит встречающийся в природе в чистом виде, а не в составе химического соединения. Алюминий является одним из наиболее активных химических элементов, потому в земной коре он присутствует либо в виде оксида  $Al_2O_3$ , либо в составе различных силикатов. Существование его в природе в металлической форме казалось невероятным, даже в химической энциклопедии сказано, что алюминий в свободном виде не встречается. Постепенно накопившиеся факты заставили пересмотреть это утверждение.

Первое сомнение внесли археологи. При раскопках в Румынии среди предметов древнего быта был найден экспонат, напоминающий топор, изготовленный из алюминиевого сплава и покрытый толстым слоем оксида. В деталях гробницы китайского полководца Чжоу-Чжу (265–316 гг. н.э.) также были обнаружены фрагменты, сделанные из алюминиевого сплава. Совершенно очевидно, что в древности получать металлический алюминий не умели, он был впервые получен в 1825 г. Х.К.Эрстедом, а производить его начали лишь в конце XIX в. электролизом расплавленных

солей. Следовательно, найденные предметы были изготовлены из самородного металла, но откуда он мог взяться? Казалось бы, самое время утверждать, что его завезли инопланетные цивилизации, однако наука никогда не спешит делать столь сомнительные заявления.

Далее свое слово сказали специалисты по минералогии. При изучении состава некоторых минералов Сибири и Южного Урала были обнаружены незначительные примеси металлического алюминия, позже его нашли в донных пробах Тихого океана и даже в лунном грунте. По-видимому, алюминий не был обнаружен раньше просто потому, что его не искали, полагая, что его существование в природе невозможно.

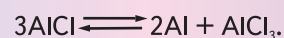
Теперь химикам предстояло объяснить, как металлический алюминий смог образоваться естественным путем. В природе не существует столь мощных восстановителей, которые могут из соединений выделить его в форме металла. Принятое на сегодня объяснение таково. Оксид алюминия  $Al_2O_3$  (в этом соединении его степень окисления равна +3) в недрах Земли при температурах свыше  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  частично восстанавливается до  $AlCl$  (степень окисления +1) под действием  $HCl$  и доступного восстановителя – углерода  $C$ :



Образующаяся в качестве побочного продукта вода может прогидролизовать образовавшийся  $AlCl$ , но она «не успевает» этого сделать, поскольку при высокой температуре реагирует с углеродом, образуя два газа –  $CO$  и  $CH_4$ :



$AlCl$  (газообразный при высокой температуре) перемещается в более холодные области на поверхности Земли и затем диспропорционирует, образуя металлический алюминий и хлорид алюминия(III)  $AlCl_3$ :



Фактически проходит окислительно-восстановительная реакция между атомами алюминия: из  $Al^I$  образуются  $Al^0$  и  $Al^{III}$ , причем всю предложенную схему удалось подтвердить экспериментально. При перемещении из горячей зоны в холодную летучий  $AlCl$  играет роль «перевозчика» алюминия. Со временем были найдены и другие «транспортные средства», о чем речь пойдет далее.

### От наблюдения к открытию

В конце XIX в. достоинства металлического никеля, такие, как механическая прочность в сочетании с коррозионной устойчивостью и жаропрочностью, были хорошо известны. Никель применяли для изготовления заводской аппаратуры и для никелирования металлической посуды. Однако коррозионная устойчивость никеля в бытовых условиях оказалась невысокой. Нагревание никелевой посуды на открытом огне приводило к постепенному ее разрушению, которое долгое время объясняли коррозией, протекающей при повышенной температуре. Те, кто был более наблюдателен, замечали, что при нагревании этой посуды на раскаленной плите без контакта с пламенем коррозии не наблюдалось. Следовательно, кислород и влага воздуха ни при чем. Оказалось, что все дело в контакте никеля с монооксидом углерода CO, который всегда присутствует в открытом пламени.

Окончательную ясность внес английский химик и промышленник Л.Монд (1839–1909), изучавший процессы коррозии никелевой аппаратуры в заводских условиях. Он обратил внимание на то, что при сжигании смеси H<sub>2</sub> и CO пламя было ярко окрашено только в том случае, когда смесь газов подавали через никелевую трубку. Выяснилось, что никель взаимодействует с CO, образуя легколетучее соединение – карбонил никеля Ni(CO)<sub>4</sub> (рис. 2). Это открытие вызвало интенсивный поток работ, в результате которых были получены карбонилы многих металлов. Возник новый раздел химической науки – химия карбониллов металлов. Кроме того, карбонил никеля подсказал химикам еще одно направление исследований.

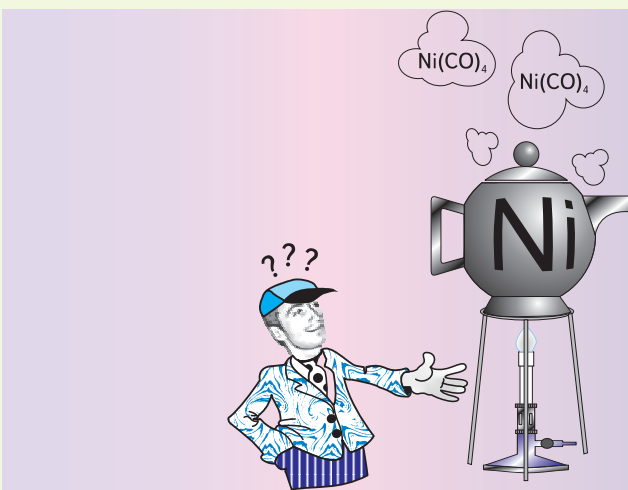


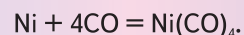
Рис. 2. Коррозия никеля в открытом пламени

### Простое взамен громоздкого

Очистка металлов от примесей всегда была делом очень трудоемким, и потому химики постоянно искали простые и удобные способы, позволяющие отделять металл от загрязнений.

Основной источник металлического никеля – сульфидные руды, в которых содержатся также примеси сульфидов кобальта и железа. Ранее для промышленного получения никеля поступали следующим образом: медно-никелевую руду вместе с флюсами (веществами, снижающими температуру плавления) плавил в электропечах. Железо отделяли, окисляя его, т.е. продувая через расплав воздух в специальных емкостях, так называемых конверторах. Оставшийся расплав сульфидов никеля, меди и кобальта охлаждали, мелко измельчали и направляли на флотацию (разделение твердых частиц, основанное на различной смачиваемости их водой, содержащей добавки вспенивателей). Таким образом отделяли медные и кобальтовые сульфиды от никелевых. Далее полученный концентрат сульфида никеля обжигали, при этом получали оксид никеля NiO, а сера удалялась в виде газообразного диоксида. Затем полученный оксид никеля восстанавливали в электродуговых печах, и в результате получали металлический никель. Как видим, процесс громоздкий и трудоемкий.

Карбонил никеля открыл другой, более короткий путь. Он основан на том, что Ni(CO)<sub>4</sub> – необычайно летучее вещество (его температура кипения равна 43 °С). После обработки упоминавшейся ранее смеси сульфидов монооксидом углерода CO под давлением образуется карбонил никеля, который можно легко отогнать (карбонилы остальных металлов гораздо более труднолетучи):



При последующем нагревании до 180 °С полученный карбонил легко разлагается, образуя металлический никель высокой степени чистоты.

### Транспортные реакции в промышленности и у нас дома

Основная идея в рассмотренном нами процессе – это очистка металла путем перевода его в летучее соединение. Естественно, что эту идею постарались применить и к другим металлам. Необходимо лишь, чтобы металлы сравнительно легко образовывали летучие соединения. Удачные варианты были найдены: при пониженных температурах йод легко реагирует с такими металлами, как титан, цирконий, гафний и др. (рис. 3). Полученные йодиды можно легко отогнать, затем при нагревании они разлагаются, образуя чистый металл. Освободившийся йод может быть вновь направлен на взаимодействие с очередной порцией очищаемого металла. Реакции такого типа называют *транспортными*, роль транспортного средства играет, естественно, йод.

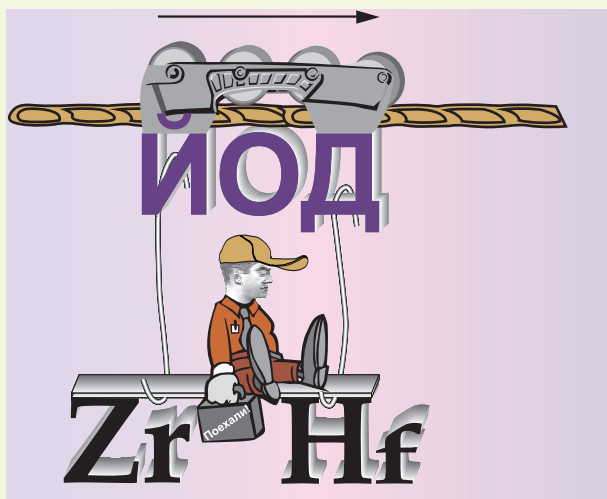
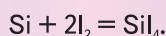
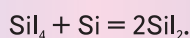


Рис. 3. Йод в роли транспортного средства

Способности йода в роли «перевозчика» неисчерпаемы, при 1100 °С он реагирует с элементарным кремнием, образуя летучий  $\text{SiI}_4$ :

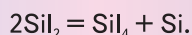


На этом превращения не завершаются, при высокой температуре более устойчивы соединения кремния со степенью окисления +2, поэтому получившийся  $\text{SiI}_4$  реагирует с имеющимся элементарным кремнием, образуя  $\text{SiI}_2$ :



Как и в случае с показанным ранее алюминием, окислительно-восстановительная реакция проходит между атомами кремния, только в обратном, нежели у алюминия, направлении: из  $\text{Si}^{\text{IV}}$  и  $\text{Si}^0$  получается  $\text{Si}^{\text{II}}$ .

Если образовавшийся газообразный  $\text{SiI}_2$  направить в холодную зону, то он окажется в условиях, где более устойчивы соединения  $\text{Si}^{\text{IV}}$ , в результате пойдет реакция, обратная той, что показана выше:



В результате в холодной зоне останется элементарный кремний (естественно, высокочистый), а  $\text{SiI}_4$  можно вновь направить в горячую зону.

Чем отличаются процессы очистки упомянутых ранее металлов и кремния? В конечном итоге чистые металлы получают при термическом разложении летучих йодидов, а элементарный кремний, наоборот, образуется в охлаждаемой зоне. Впрочем, для кремния существует и вторая возможность. Если получившийся



Рис. 4. Возвращение вольфрама на спираль в галогенной лампе накаливания

при 1100 °С  $\text{SiI}_2$  нагреть еще выше (до 1400 °С), то он распадется на  $\text{Si}$  и  $\text{I}_2$ .

Пожалуй, наиболее эффективное применение транспортной реакции реализовано в лампах накаливания. В вакуумированной колбе обычной лампы раскаленная вольфрамовая спираль постепенно испаряется и в итоге перегорает. На внутренней стенке такой лампы иногда можно заметить сероватый налет испарившегося вольфрама. Если заранее ввести внутрь стеклянной колбы немного йода, то он будет реагировать с осевшим на стенках колбы металлическим вольфрамом, образуя летучий йодид вольфрама. Пары йодида, коснувшись нагретой спирали, разлагаются на вольфрам и йод. Таким образом, вольфрам вновь возвращается на спираль, а йод вовлекается в следующий цикл (рис. 4). В результате срок службы лампы заметно увеличивается. Именно так работают широко применяемые *галогеновые лампы*.

## КРАУНЭФИРЫ НАОБОРОТ

*Поступать наоборот – это тоже подражание.*

Георг Лихтенберг

Для многих понятий существуют термины, обозначающие противоположное действие, на это указывает приставка *анти*: антифриз, антиоксидант, антидепрессант, антидетонатор и т.д. Химиков всегда привлекал поиск веществ, действие которых противоположно тому, которое уже известно. Всегда ли возможно достичь обратного действия и не окажется ли оно лишним смыслом?

### Крауны без «анти»

Вначале кратко расскажем о самих краунэфирах. Они были впервые получены в 1967 г. Ч.Д.Педерсеном, лауреатом Нобелевской премии по химии 1987 г. («за разработку и применение молекул со структурно-специфическими взаимодействиями высокой селективности»). Синтезированные им соединения представляли собой циклы разного размера, собранные из чередующихся атомов кислорода и мостиков  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  (рис. 5).

На объемной шаро-стержневой модели видно, что они по форме напоминают корону, поэтому их назвали краунэфирами (от англ. *crowн* – корона). Слово «эфир» в названии этих соединений не случайно: фрагмент  $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$  называют простой эфирной связью.

Внутри циклов имеется пустое пространство, куда охотно помещается катион щелочного металла и удерживается за счет полярных взаимодействий. У показанных циклов размер внутренней полости различен, причем для цикла с четырьмя атомами кислорода отверстие точно совпадает с размером катиона  $\text{Li}^+$ , поэтому такой катион прочно удерживается этим краунэфиром. На шаро-стержневой модели это не так очевидно, но если изобразить молекулу с вандерваальсовыми радиусами (они показывают истинное пространство, занимаемое

молекулой), то отчетливо видно, каким образом катион удерживается циклом (рис. 6).

Цикл с пятью атомами кислорода охотно принимает катион  $\text{Na}^+$ , а в цикле с шестью атомами O «с удовольствием» располагается катион  $\text{K}^+$ .

Краунэфиры сразу же вошли в лабораторную практику. С их помощью можно растворять неорганические соли в органических средах, например, можно растворить в бензоле  $\text{NaCl}$ . Но гораздо интереснее то, что удалось перевести в органический раствор мощные неорганические окислители, так появился «малиновый бензол» (раствор перманганата калия), «оранжевый бензол» (раствор дихромата калия) и т.д.

Краунэфиры стали использовать для разделения, очистки и регенерации металлов, в том числе редкоземельных; в качестве лекарственных препаратов, а также как катализаторы для реакций с участием анионов. Последнее из упомянутых применений особенно эффективно: когда катион прочно связан, освободившийся анион становится весьма активным.

### Анти-крауны

Если существуют циклические молекулы, способные удерживать катионы, то почему бы не создать

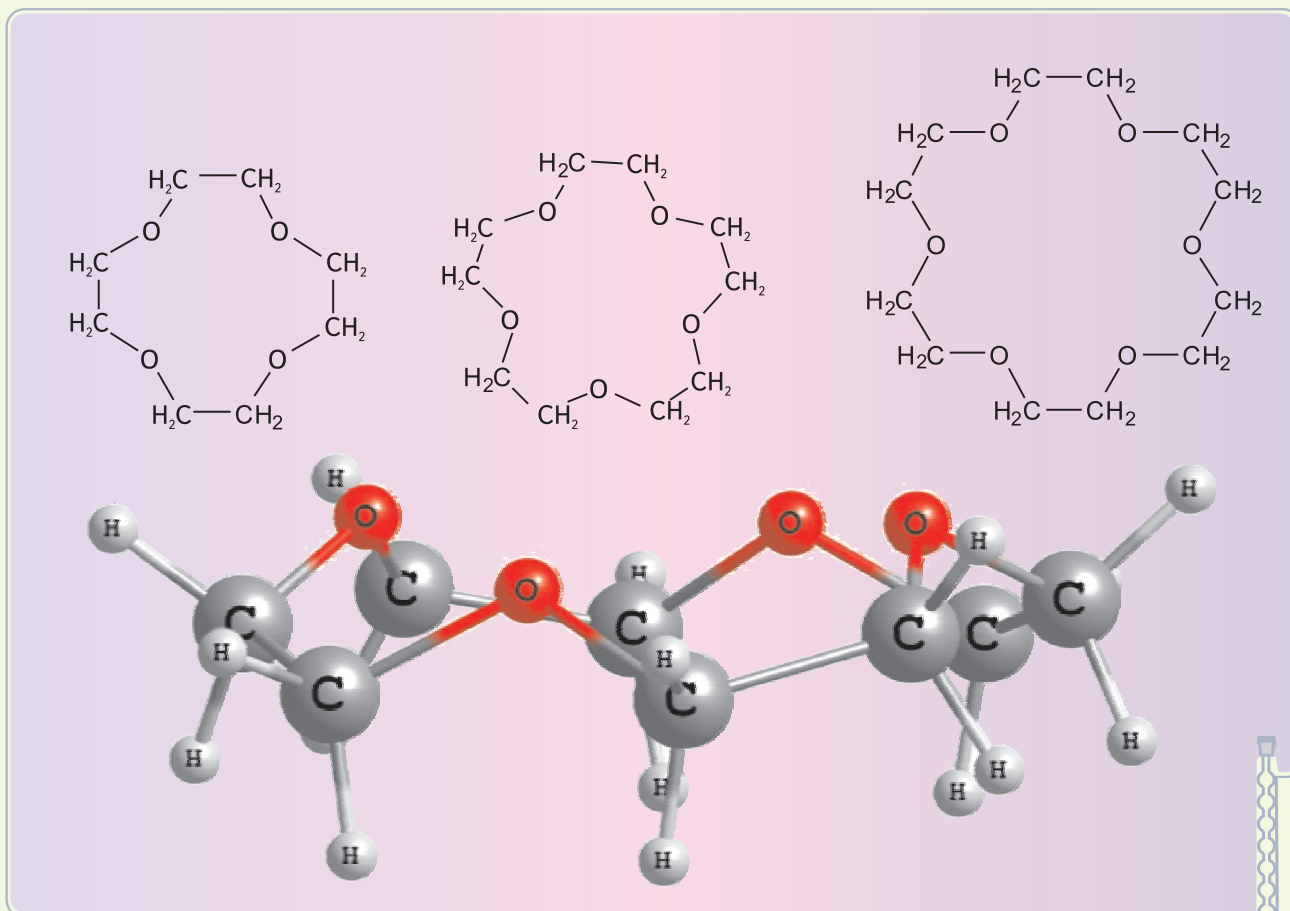


Рис. 5. Структурные формулы краунэфиров и объемная модель одного из них в форме короны





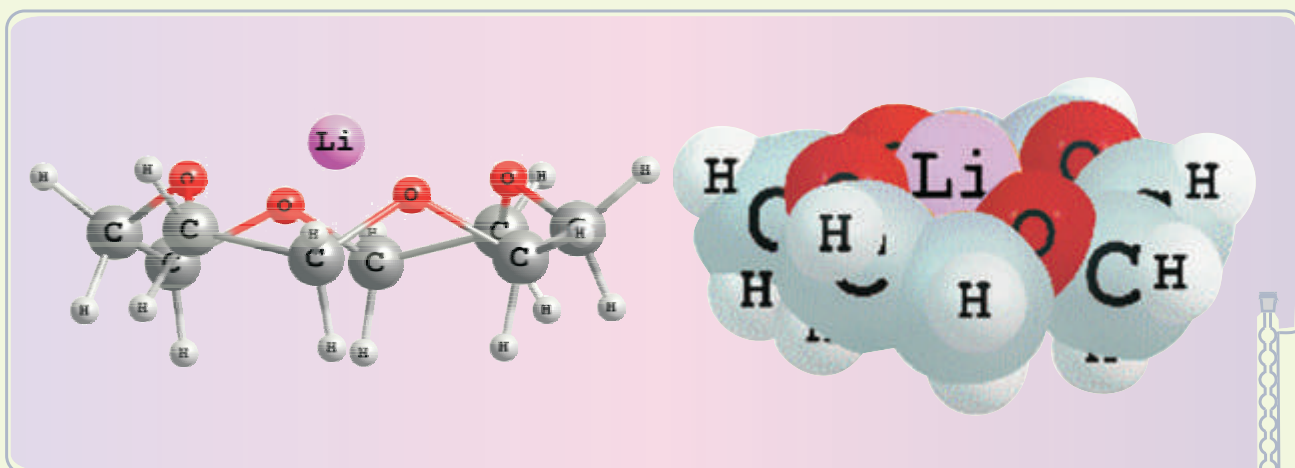


Рис. 6. Краунэфир, удерживающий катион лития

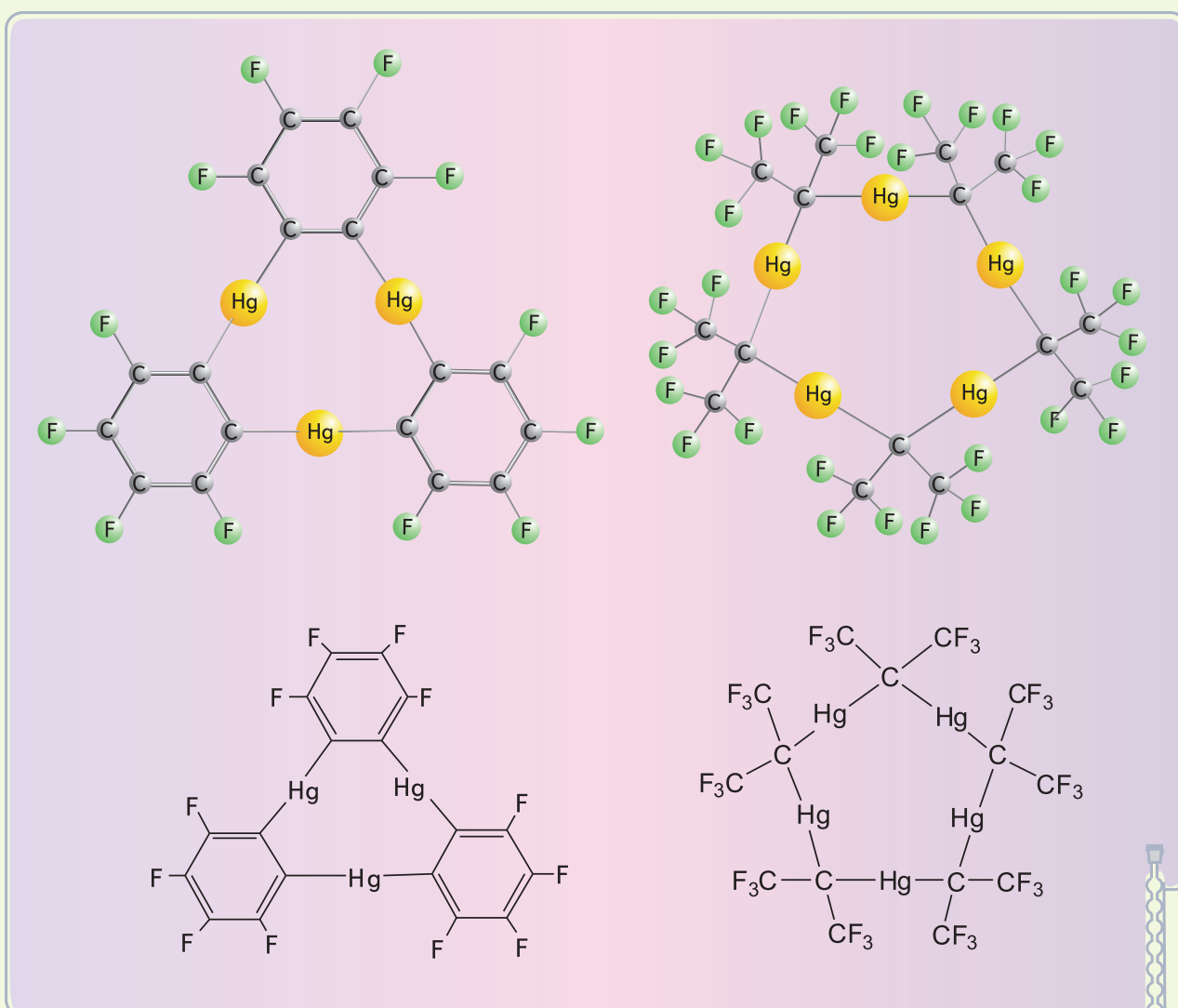


Рис. 7. Антикраны в виде объемных моделей и структурных формул



соединения, захватывающие анионы? В краунэфирах катион щелочного металла координационно удерживается атомами кислорода, несущими отрицательный заряд. Следовательно, анти-краун должен представлять собой цикл из атомов с положительным зарядом. Таковую идею удалось реализовать профессору В.Б.Шуру (Институт элементоорганических соединений Российской академии наук).

Экспериментальные поиски привели к двум удачным циклическим структурам, в которых роль гетероатомов играют атомы ртути (рис. 7, см. с. 9).

Обе изображенные выше молекулы «окружены» атомами фтора. Это не случайно, последние оттягивают на себя электронную плотность, увеличивая координирующую способность атомов Hg. Несмотря на то, что на зубчатую корону эти циклы не похожи (они плоские), им дали название анти-крауны, поскольку их действие противоположно тому, которое наблюдается в краунэфирах.

Оказалось, что эти ртутьсодержащие циклы обладают сильно выраженной способностью захватывать анионы, например  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  и др. Поскольку размер внутренней полости у них невелик – много места занимают

объемные атомы ртути, – крупные анионы внутрь цикла не входят (в отличие от того, как это было у краунэфиров), они располагаются над и под циклом, т.е. захватываются сразу два аниона, иногда такие «бутерброды» складываются в протяженные стопки (на рис. 8 координационные связи показаны пунктиром только для одного аниона  $\text{Br}^-$ , чтобы не перегружать рисунок).

Анти-крауны способны даже захватывать нейтральные молекулы, такие, как ацетонитрил  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{N}$  (удерживаются сразу две молекулы) или бензол, который образует с анти-крауном вертикальную колонну из чередующихся слоев.

Комплексы анти-краунов с некоторыми ароматическими соединениями образуют флуоресцирующие композиции, что открывает перспективы создания на их основе сенсорных (т.е. чувствительных) устройств. По аналогии с обычными краунэфирами можно полагать, что анти-крауны, захватывая и прочно удерживая анион, повышают активность освобожденного катиона, что представляет интерес для катализа. Это предположение подтвердилось: например, экспериментально было показано каталитическое действие анти-краунов при нитровании ароматических соединений.

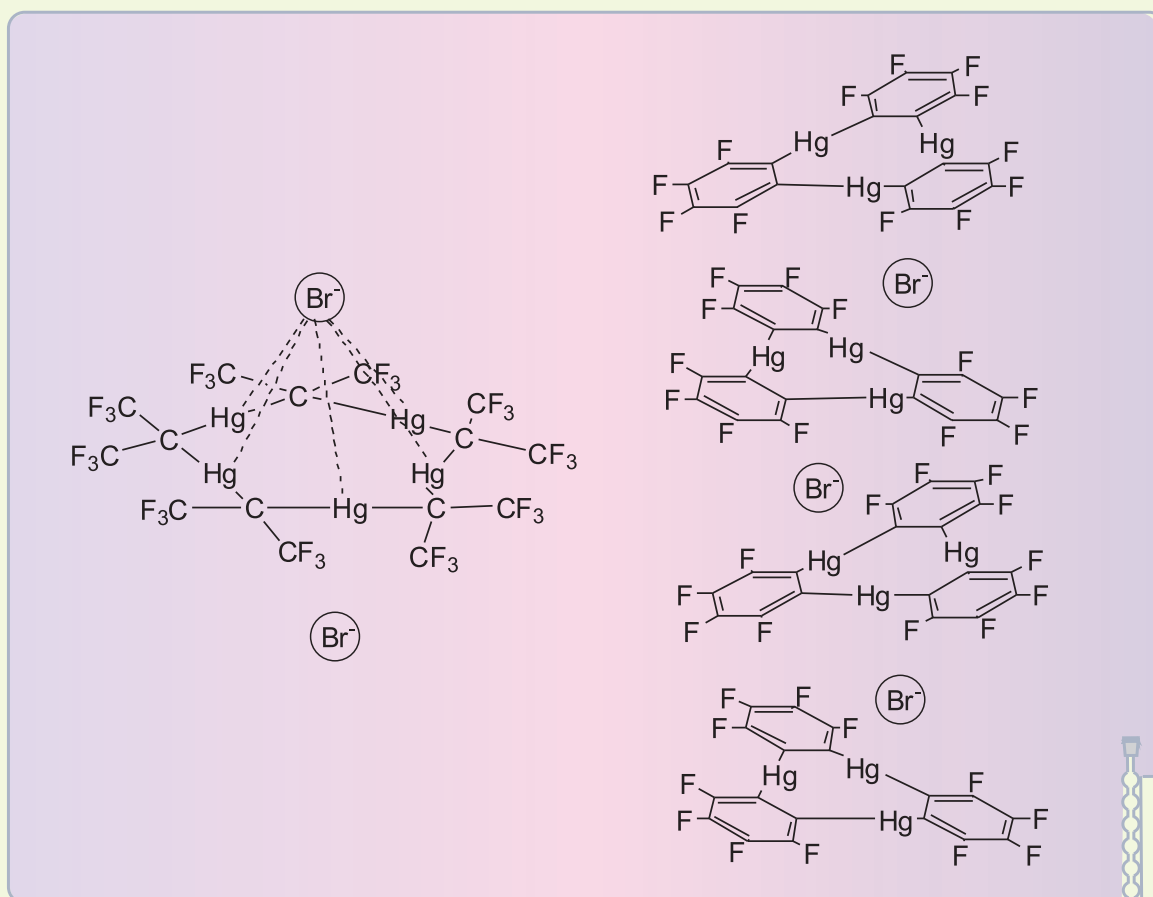


Рис. 8. Антикрауны, удерживающие анионы брома



## СНОП ВАЛЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ

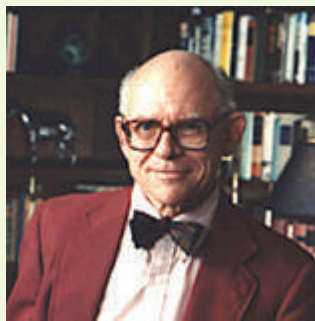
Отдельные мысли похожи на лучи света,  
но они утомляют, когда собраны в сноп.

Пьер Буаст

Сколько может быть связей между двумя атомами? Атомы углерода могут быть связаны одной простой связью  $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ , существует также двойная связь – в этилене  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  и тройная – в ацетилене  $\text{CH}\equiv\text{CH}$ . Кроме того, тройная связь присутствует в молекуле азота  $\text{N}\equiv\text{N}$  и в нитрильной группе  $\text{-C}\equiv\text{N}$ . Мы рисуем различное количество валентных черточек, но в тени остается вопрос, а как же это было доказано? Доказательствами занимаются не только математики, разбирающие теоремы, у химиков много сил уходит на то, чтобы подтвердить строение полученного вещества или схему пути, по которому протекает реакция.

## Металлы заявляют о себе

Сегодня мы знаем, что кратные связи не так уж редки среди соединений металлов, но так было не всегда. До 70-х гг. XX в. химики даже не подозревали о том, что возможны соединения, которые содержат фрагмент  $\text{M}=\text{M}$  (M – металл). Химикам была известна комплексная соль хлоридов цезия и рения  $\text{CsCl}\cdot\text{ReCl}_3$ ; точнее будет ее изобразить по правилам координационной



<http://www.chem.ubc.ca/history/bartlett/index.shtml>

Фрэнк Альберт Коттон  
(1930–2007)

химии, где непосредственно вокруг рения, иначе говоря, в его координационной сфере, находится четыре иона  $\text{Cl}^-$ , а катион  $\text{Cs}^+$  расположен вне этой сферы  $\text{Cs}^+[\text{ReCl}_4]^-$  (координационную сферу принято обозначать квадратными скобками). В 1963 г. американский химик

Ф.А.Коттон (Массачусетский технологический институт), изучив эту соль с помощью рентгеноструктурного анализа, установил, что истинный ее состав соответствует утроенной формуле  $\text{Cs}_3^+[\text{Re}_3\text{Cl}_{12}]^{3-}$ . Самое главное – атомы рения расположены в вершинах треугольника и связаны между собой двойными связями (ионы  $\text{Cl}^-$ , поставляемые атомами цезия, присоединены пунктирными линиями) (рис. 9).

Возникает естественный вопрос: как Коттон установил, что связи между атомами рения двойные? Структурные исследования показали, что расстояния между атомами Re заметно меньше, нежели в соединениях рения с простыми связями, и даже короче чем таковые в металлическом рении. Кроме того, с помощью квантово-химических расчетов удалось определить кратность связи, которая оказалась равной 2.

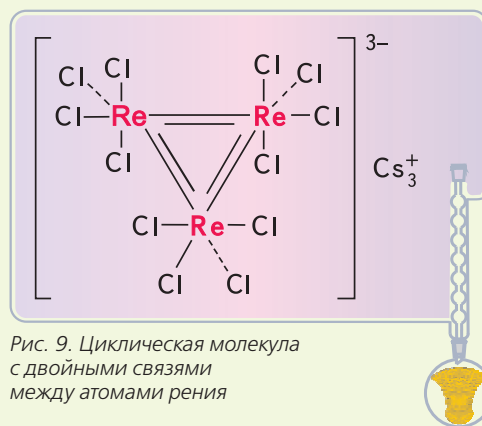


Рис. 9. Циклическая молекула с двойными связями между атомами рения

С доказательства строения этого соединения начался новый раздел химии, изучающий кратные связи между атомами металлов, затем появились структуры с ниобием, танталом, молибденом, вольфрамом.

Эти структуры заметно отличаются друг от друга, в некоторых присутствуют так называемые мостиковые лиганды, т.е. связанные одновременно с двумя атомами металла. В роли лигандов выступают не только ионы (например,  $\text{Cl}^-$ ), но и нейтральные, не имеющие заряда молекулы: тетрагидрофуран  $(\text{CH}_2)_4\text{O}$  или этанол  $\text{EtOH}$ . Общее у вышеупомянутых молекул – двойная связь между атомами металлов.

Глядя на структурные формулы этих веществ, можно легко определить формальную валентность металла в соединении, а именно – сколько электронов он отдал на образование связей. Для этого надо пересчитать количество валентных черточек, отходящих от атома, двойную связь, естественно, надо считать как две черточки (пунктирные координационные связи не учитываются). Таким образом, мы получим  $\text{Re}^{\text{VII}}$ ,  $\text{Nb}^{\text{V}}$ ,  $\text{Ta}^{\text{V}}$ ,  $\text{Mo}^{\text{V}}$ ,  $\text{W}^{\text{VI}}$ . Знание этого оказалось важным при получении последующих соединений.

Из уважения к органической химии, где двойная связь между атомами углерода давно была известна, такие соединения называли некоторое время этиленоподобными.

## Тройная связь тоже возможна

Если углерод и азот образуют тройные связи, то, может быть, это возможно и для металлов? Предположение оказалось правильным, и вновь лидером стал рений, который в руках Коттона сумел опять удивить химиков (рис. 10, см. с. 12).

Соединение весьма необычно, прежде всего тем, что в нем атомы рения имеют различную формальную валентность – VII и IV. Сейчас даже трудно предположить, что побудило автора использовать такой необычный лиганд – 2,6-дигиептан  $\text{CH}_3\text{-S-(CH}_2)_3\text{-S-CH}_3$ . По-видимому, напряженный поиск плюс удача привели к очередной победе. Вслед за этим другие авторы получили «троевязанные металлы» Mo, W, Os и др. Обычно так и бывает: если кому-то удастся показать,

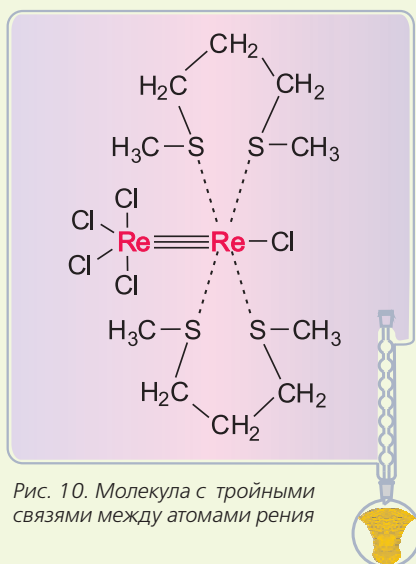


Рис. 10. Молекула с тройными связями между атомами рения

что это возможно, то сразу оказывается, что подобное могут сделать и другие.

Единого способа получения таких соединений нет, каждый металл предпочитает свое индивидуальное окружение, поэтому синтез любого из них – это терпеливый поиск и экспериментальное мастерство. В молекуле соединения, содержащего осмий, находятся четыре лиганда – оксипиридина, – расположенные наподобие четырехлопастной турбинки. Интересно, что эта «турбинка» может свободно вращаться вокруг оси  $\text{Cl-Os}\equiv\text{Os-Cl}$ , образуя своеобразный «нановентилятор».

### Возможна ли четверная связь?

Возлагать надежды на углерод и азот не приходится, поскольку в соединениях с тройной связью использованы все имеющиеся у них *s*- и *p*-электроны, сделать еще одну связь просто не из чего. Зато такая возможность есть у переходных металлов, которые отличаются от непереходных тем, что дополнительно содержат неспаренные *d*-электроны. Читатель ожидает вновь увидеть слова «рений» и «Коттон». Так оно и есть! Коттону не пришлось даже подбирать хитроумные лиганды, достаточно было лишь правильно расшифровать структуру известной комплексной соли  $\text{K}_2\text{Re}_2\text{Cl}_8$  (рис. 11).



Рис. 11. Четырехкратная связь между атомами рения

Были получены также аналогичные соединения с другими катионами ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ), анионами: сульфатны-

ми, изоцианатными, карбоксилатными и многими другими. Группировку  $[\text{Re}_2\text{Cl}_8]^{2-}$  Коттон назвал классическим образцом четырехкратной связи. У этого аниона есть одно необычное свойство: атомы рения, оставаясь связанными между собой, могут повернуться и занять положение, перпендикулярное тому, которое указано на рис. 11, а атомы хлора, расположенные в вершинах мысленного куба, при этом остаются неподвижными.

Таким образом, два соединенных атома рения вращаются внутри кубической емкости. Такой комплекс несколько напоминает рыбку в аквариуме (рис. 12). Нечто похожее уже было упомянуто – имеется в виду «нановентилятор» с атомами осмия. Наши представления о том, что атомы в молекуле жестко связаны химическими связями, в этом случае приходится пересмотреть.

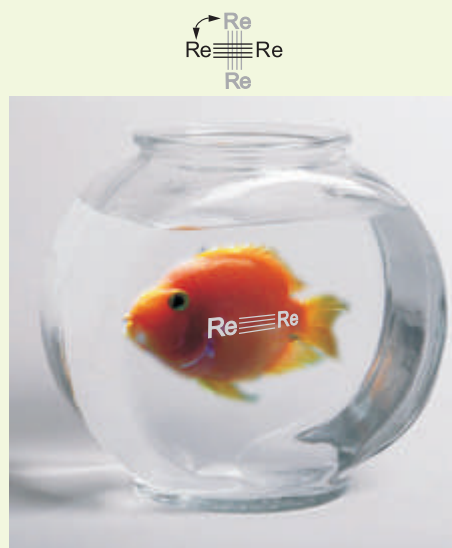


Рис. 12. Рыбка в аквариуме, напоминающая поведение фрагмента  $\text{Re}\equiv\equiv\text{Re}$

Среди других «четырёхсвязных» примеров упомянем ацетаты хрома, молибдена и вольфрама.

Для их получения также не потребовалось затевать сложный синтез. Это обычные, давно известные ацетаты металлов, просто раньше никто не мог предположить, что в них существуют четырехкратные связи; новое понимание пришло благодаря творчеству Коттона.

Интересно, что соединений с фрагментом  $\text{M}\equiv\equiv\text{M}$  получено гораздо больше, чем с двойной и тройной связью вместе взятых. Например, молекул с четырехкратно связанными атомами Мо получено свыше ста. Природа как будто хочет показать, что ничего необычного в четырехсвязности нет, и это ей в какой-то степени удалось: сегодня такие соединения стали вполне привычными и никого не удивляют. Однако химия всегда умеет порадовать сюрпризом.

### Рекорд!

Получена пятикратная связь между двумя металлами, только на этот раз металл – не рений, и имя первооткрывателя иное. В 2005 г. американский химик



http://www.chem.tamu.edu/news/index.php?story\_id=4

Ф.П.Пауэр

Ф.П.Пауэр (Калифорнийский университет, г. Дэвис) сообщил о синтезе молекулы, содержащей два пятикратно связанных атома хрома (рис. 13).

Согласитесь, что внешний вид такого солидного снопа из пяти валентных связей с непривычки даже несколько режет глаз. Полученное соединение представляет собой

темно-красное кристаллическое вещество, стабильное на воздухе, не разлагающееся до 200 °С, но неустойчивое к действию влаги. Окружающие объемные группы введены для того, чтобы затруднить возможное взаимодействие соседних молекул и тем самым придать им стабильность. Наличие пятикратной связи доказано комплексом исследований: рентгеноструктурным анализом, спектральными исследованиями, квантово-химическими расчетами и магнитными измерениями, которые могут показать число неспаренных электронов в молекуле. Поскольку таковых не оказалось, то, следовательно, все электроны участвуют в образовании связей.

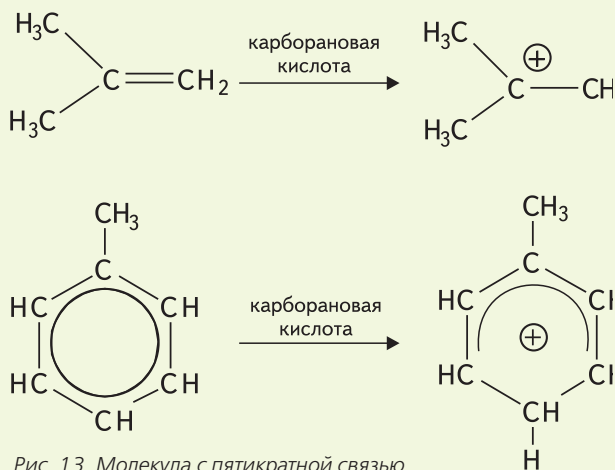


Рис. 13. Молекула с пятикратной связью между атомами хрома

Пауэр, прекрасно понимая, чьим преемником он оказался, в начале своей публикации отдает дань уважения Коттону, удивившему химический мир открытием кратных связей металл–металл, после которого, по словам Пауэра, вся неорганическая химия стала несколько иной. Свою заслугу он оценивает скромно, полагая, что полученная пятикратная связь не столь неожиданна, нежели открытая ранее Коттоном четырехкратная связь. В завершение он выражает надежду, что за полученным соединением последуют другие подобные, и заканчивает статью, цитируя слова Коттона: «Это красивая, очаровательная химия».

Несомненно, соединения с кратными связями металл–металл займут свое заметное место в химической науке, подобно тому, как кратные связи углерод–углерод буквально заполнили всю органическую химию.

Возникает вопрос, возможно ли добавить в полученный сноп еще один колосок, т.е. получить шестикратную связь? По мнению Пауэра, теоретически такое возможно в том случае, если два атома хрома, не содержащие никаких заместителей, соединятся, образуя некий двухатомный газ из атомов Cr. Однако маловероятно, что такое соединение удастся выделить.

Прогнозы истинных ученых всегда осторожны и немного пессимистичны, но наука постоянно спорит с такими прогнозами. Вполне возможно, что через некоторое время кто-нибудь сумеет зафиксировать такие двухатомные молекулы, например, в замороженной аргонной матрице, и будет установлен новый рекорд.

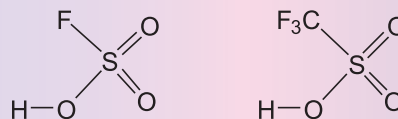
## САМАЯ СИЛЬНАЯ КИСЛОТА

*Потребность необычайного – может быть, самая сильная из потребностей.*

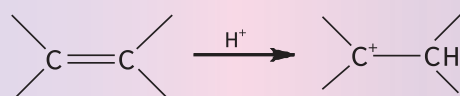
Александр Грин

В соответствии со старинным определением, которое хорошо работает и в наши дни, кислота – это соединение, которое способно отдавать протон  $H^+$ ; чем легче это происходит, тем сильнее кислота. Согласно протонной теории Й.Бренстеда, силу обычных неорганических кислот оценивают по тому, насколько полно они распадаются в водном растворе на ионы  $H^+$  и  $A^-$  ( $A^-$  – анион кислоты). Сразу отметим, что, если воспользоваться другим определением (теория Г.Льюиса), то окажется, что существуют кислоты, не содержащие протонов, но мы сосредоточим внимание только на протонных.

В 1930-х гг. появились так называемые *суперкислоты*, например фторсульфовая  $FS(O)_2OH$  и трифторметансульфовая  $F_3CS(O)_2OH$  кислоты:



Атомы фтора энергично оттягивают на себя электронную плотность, что заметно облегчает отделение протона  $H^+$  от молекулы кислоты. С помощью таких кислот удалось протонировать органические соединения, например, углеводороды, что привело к появлению нового направления – химии карбокатионов, т.е. соединений, содержащих положительный заряд на углеродном атоме:



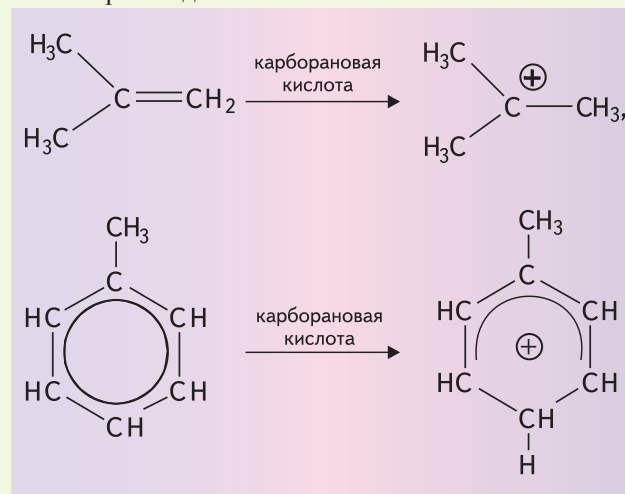
Такие соединения, в свою очередь, помогли понять механизм многих превращений в органической химии и, кроме того, открыли способы наращивания углеводородной цепи.

Для сравнительной оценки силы таких кислот водная среда не подходит, поэтому была выбрана иная шкала, основанная на их способности протонировать органические основания (например, анилин). В качестве точки отсчета была взята 100%-я серная кислота. По этой шкале упомянутые трифторметансульфоновая и фторсульфоновая кислоты в тысячу раз сильнее серной кислоты. Недостаток таких кислот состоит в том, что их анионы необычайно реакционноспособны и часто «вмешиваются» в процесс протонирования, приводя к побочным продуктам. Они столь агрессивны, что могут разъесть стекло. Тем не менее, силу этих кислот удалось превзойти.

В 2006 г. американский ученый К.А.Рид (Калифорнийский университет) совместно с российским ученым Е.С.Стояновым (Институт катализа Сибирского отделения Российской академии наук) получили еще более сильную кислоту, превосходящую серную в миллион раз. Это – протонсодержащая кислота, у которой анион представляет собой объемный каркас, собранный из атомов бора и атома углерода (молекула карборана), ко всем атомам бора присоединены атомы хлора, с той же целью, с какой были введены атомы фтора в суперкислоты (рядом со структурной формулой показана объемная модель аниона) (рис. 14).

Авторы скромно назвали полученное соединение карборановой кислотой, хотя могли бы позволить себе яркое рекламное название, например «экстра-

суперкислота». Отрицательный заряд расположен не у конкретного атома, а равномерно «размазан» по всему каркасу, что заметно снижает реакционную способность аниона, поэтому он пассивен, кроме того, сам каркас очень устойчив. Эту кислоту, как отмечают авторы, можно хранить в стеклянной таре. С ее помощью удалось протонировать при комнатной температуре изобутен и толуол до соответствующих карбокатионных производных:



Благодаря тому, что карборановый анион инертен и не затрагивает полученные продукты, полученный *tert*-бутильный катион (верхняя схема реакции) оказалось возможным выделить и хранить в виде кристаллического вещества, что ранее было недостижимо.

Авторы намечают протонировать этой кислотой атомы ксенона, полагая, что им удастся «расшевелить» даже такой необычайно инертный объект.

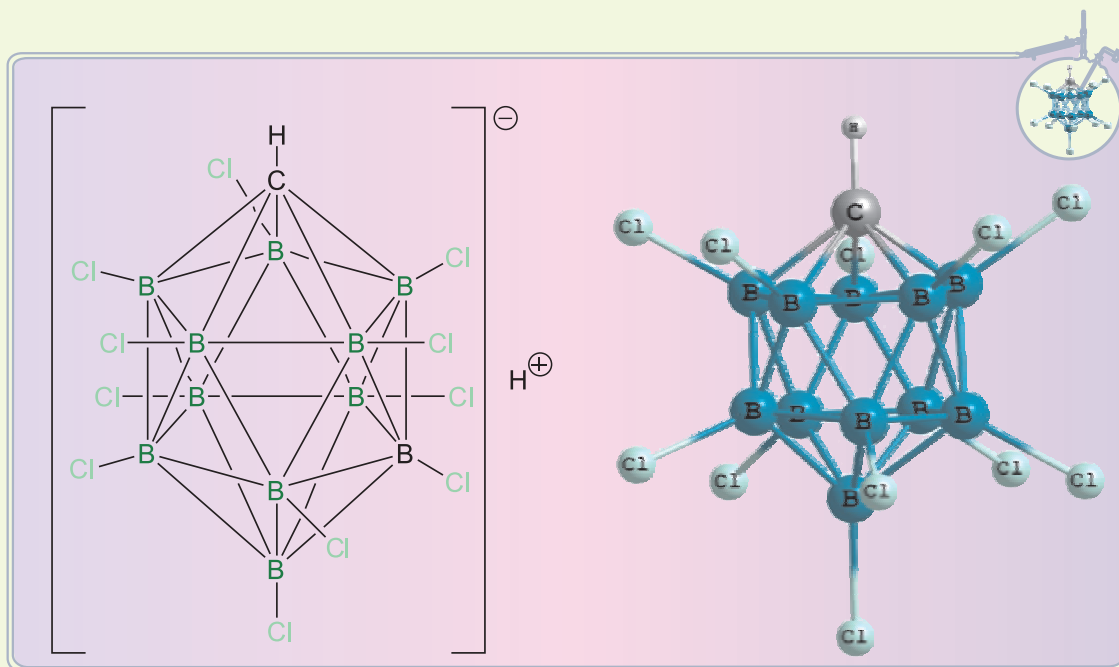


Рис. 14. Структура карборановой кислоты в виде структурной формулы и объемной модели

# Педагогический университет «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ» предлагает

Лицензия Департамента образования  
г. Москвы 77 № 000349,  
рег. № 027477 от 15.09.2010

**для ЖИТЕЛЕЙ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

## ОЧНО-ЗАОЧНЫЕ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Курсы организованы совместно с Московским институтом открытого образования. По окончании обучения слушатели получают удостоверение государственного образца о повышении квалификации (с нормативным сроком освоения 72 часа).

Занятия начинаются: на втором потоке – с **7 февраля 2011 г.**, в летних интенсивных группах – с **1 июня 2011 г.** Стоимость обучения – 5400 рублей за один курс. Членам педагогического клуба «Первое сентября» и выпускникам наших курсов предоставляется скидка 10%.

Количество мест в группах ограничено! Прием заявок заканчивается по мере формирования групп.

**Обращаем ваше внимание на то, что мы предлагаем пройти обучение на курсах повышения квалификации еще в этом учебном году!**

### Перечень курсов второго потока 2010/2011 учебного года (февраль – апрель)

АВТОР	НАЗВАНИЕ КУРСА	ДЛЯ КОГО ПРЕДНАЗНАЧЕН КУРС
Калуцкая Е.К.	Современные образовательные технологии преподавания обществознания в школе	Для учителей истории и обществознания
Копина С.А.	Недирективные методы в работе школьного психолога	Для школьных психологов
Круглова Т.А., Щеглова И.В., Ильяченко Л.А.	Актуальные вопросы методики преподавания в начальной школе (в условиях введения Федеральных государственных образовательных стандартов)	Для учителей начальной школы
Леонтьева Т.Н.	Построение курса русского языка в старших классах и приемы работы с текстом	Для учителей русского языка и литературы
Мейстер Н.Г.	Творческое развитие детей средствами художественного моделирования из бумаги	Для педагогов дошкольных образовательных учреждений, педагогов дополнительного образования
Николаева В.В.	Подготовка учащихся к государственной аттестации по французскому языку: французские сертификационные экзамены, олимпиады и конкурсы	Для учителей французского языка
Панфилова М.А.	Современные психолого-педагогические технологии использования сказок и игр в работе с детьми и подростками	Для педагогов, классных руководителей, представителей администрации школ, школьных психологов
Парамонова Н.В.	Социально-психологический тренинг в школе (подготовка ведущих тренинговых групп)	Для школьных психологов
Пинская М.А.	Оценивание в условиях нового Федерального государственного образовательного стандарта	Для директоров, заместителей директоров школ, педагогов, классных руководителей
Резапкина Г.В.	Организация профориентационной работы в школе	Для педагогов, классных руководителей, школьных психологов
Рокитянская Т.А.	Музыкальная грамота в образах и движениях	Для учителей музыки, учителей начальных классов, педагогов дошкольных образовательных учреждений, педагогов дополнительного образования
Садовничий Ю.В.	Подготовка старшеклассников к ЕГЭ и вступительным экзаменам по математике	Для учителей математики
Сальтина М.Г.	Мастерство режиссера школьного театрального коллектива	Для классных руководителей, руководителей школьных театров и театральных студий
Сапожникова Т.Б., Полякова И.Б.	Современные методы и приемы преподавания изобразительного искусства детям	Для педагогов изобразительного искусства, педагогов дополнительного образования, учителей начальных классов
Смирнова О.В.	Методика обучения школьников 8–11-х классов работе с теоретико-литературными понятиями в процессе анализа художественных текстов	Для учителей русского языка и литературы
Соболева А.Е., Савицкая Н.С.	Игровые методы эффективного обучения младших школьников правописанию и чтению	Для учителей начальных классов, логопедов, детских психологов
Струкова Л.Н.	Информационно-компьютерные технологии на уроках английского языка (на основе курса Британского Совета Learning Technologies)	Для учителей английского языка
Струкова Л.Н.	Методика обучения английскому языку детей младшего школьного возраста (на основе курса Британского Совета Primary Essentials)	Для учителей английского языка
Цикина Т.И.	Технологии использования компьютерных средств при подготовке и проведении уроков и внеклассных мероприятий	Для всех педагогов

**ЗАЯВКИ МОЖНО ПОДАТЬ** по телефону (499) 240-02-24 (с 15-00 до 19-00 по рабочим дням)  
или на сайте Педагогического университета «Первое сентября» <http://edu.1september.ru>  
(последнее предпочтительнее, после подачи заявки с вами свяжется сотрудник Педуниверситета)

# К 100-летию присуждения Нобелевской премии по химии М.Склодовской-Кюри Быть единственной и первой

А.Г. МАЛИН,  
студент химического факультета МПГУ,  
Москва



2011 г. — год столетия вручения Нобелевской премии в области химии Марии Склодовской-Кюри. В статье представлено жизнеописание Марии Склодовской-Кюри, очерк ее научного пути. Одно из назначений данного материала состоит в том, чтобы дать возможность всем по достоинству оценить вклад женщин в химическую науку.

Мария Склодовская-Кюри (1867–1934)

Мария Склодовская-Кюри родилась 7 ноября 1867 г. в Варшаве и выросла при русском правлении. Велика была сила ее национального самосознания: горячо преданная делу борьбы за независимость Польши, она мечтала изменить современный общественный порядок, но в тревоге за других часто забывала свои свободолюбивые мечты. Это единственная женщина-химик, дважды лауреат Нобелевской премии за работы в области физики (1903) и химии (1911). Она является одним из основоположников учения о радиоактивности, открывателем новых химических элементов — радия и полония (совместно с супругом Пьером Кюри). М.Склодовская-Кюри вошла в историю науки как первая женщина, допущенная Сорбонной в среду своих ученых. После смерти мужа Мария возглавила его

кафедру. В ее личности блестяще сочетались полная преданность научной работе, высокие духовные качества, яркие умственные способности, мужество и благородство. Силой собственной гениальной интуиции, подкрепленной женской любознательностью, Мария часто выдвигала дерзкие, фантастические для того времени гипотезы, которые впоследствии подтверждались успешными опытами. Она до конца жизни несла на своих плечах всю тяжесть новых научных открытий. По ее мнению, коммерческий интерес противоречит духу науки, а фразой, рисующей характер, жизнь и призвание этой удивительной женщины, могут быть слова, сказанные некогда ее мужем Пьером: «Что бы ни случилось, хотя бы расставалась душа с телом, надо работать».

*А между тем для моего удовлетворения надо не так уж много: мне бы хотелось только одного — чувствовать, что я приношу пользу.*

Мария Склодовская (из письма брату Юзефу, 20 мая 1887 г.)

## СУДЬБОНОСНАЯ ВСТРЕЧА

Мать Марии — Бронислава — родилась в семье мелкопоместного дворянина Феликса Богуского, который владел собственным имением. Однако оно приносило столь ничтожный доход, что глава семьи был вынужден работать управляющим у более состоятельных людей, чтобы прокормить шестерых детей. Впоследствии, получив прекрасное образование в одной из варшавских школ, Бронислава начала преподавать в ней же, а затем стала и директором, пока ее не настигло страшное заболевание — туберкулез. Там же она встретила своего будущего мужа, от которого позже родила пятерых детей — мальчика Юзефа, названного

в честь дедушки по линии отца, и четырех девочек, из которых Мария была младшей.

Владислав Склодовский происходил из мелкой знати, т.е., по сути дела, занимал ту же ступень социальной лестницы, что и Бронислава. Он по примеру своего родителя получил высшее образование в Петербургском университете, а затем вернулся на родину, где и стал преподавать физику и математику. В 1860 г. Владислав сделал Брониславе Богуской предложение руки и сердца. Это и неудивительно: его избранницу отличали от прочих девушек сдержанность, утонченность черт лица (Бронислава была настоящей красавицей). Владислава,

помимо всего прочего, пленял и томный голос будущей жены, которым она пела современные романсы, умеючи превосходно играть на рояле.

## ПОТЕШНОЕ НАЗВАНИЕ

Спустя семь лет после того как чета Склодовских обвенчалась, на свет появилась малютка Маня — пятый и последний ребенок Владислава и Брониславы. Еще с детских лет она отличалась поразительной памятью, запоминала все, чего коснулось ее пристальное внимание хоть на мгновение, и никогда ничего не забывала, о чем свидетельствует следующий эпизод. Когда ее сестре Броне пришлось время учить азбуку, та решила «играть в учительницу»



с четырехлетней Маней. По истечении нескольких недель занятий Броня отважилась прочитать родителям по складам какой-то простой текст. Глядя, как сильно запинаятся ее старшая сестра, Маня не выдержала и, выхватив из Брониных рук книгу, почти бегло прочла первую строчку открытой страницы. Поймав изумленный взгляд мамы и папы и обидчивый взгляд Брони, она в испуге остановилась и отчаянно разрыдалась. С тех пор родители опасались давать в руки Мане книги, избегая скороспелости в их дочери, и отправляли ее вместо чтения погулять в саду или поиграть в кубики.

Любимой комнатой Мани в квартире семьи Склодовских был рабочий кабинет ее отца. Девочка с восторгом осознала, что как только она подрастет и пойдет в школу, ей отведут место за большим отцовским письменным столом, где собираются после обеда Юзеф и сестры и готовят к завтрашнему дню уроки. А какая здесь была обстановка! Чистые, блестящие вещи, внушающие почтение, портрет кисти Тициана, отделанные малахитом часы, столик, привезенный из Палермо... Но самыми дорогими и милыми ей вещами здесь были барометр и запертая витрина с хранящимся в ней различным лабораторным оборудованием.

«Маня, – читаем в биографическом романе Евы Кюри, ее младшей дочери, – не может представить, для чего нужны все эти так волнующие ее игрушки. Однажды днем, когда она разглядывала их, встав на цыпочки, отец сказал ей, что это фи-зи-чес-ки-е при-бо-ры. Смешное название!» Быть может, именно в минуты любования этими чудесными и обожествляемыми ею вещами малютка, пусть и бессознательно, но впервые ощутила притягательную силу науки.

## ЧТО ТАКОЕ ГОРЕ

Мария блестяще училась и в начальной, и в средней школе. Особенно хорошо ей давались история, французский и немецкий языки, катехизис, литература и математика.

Однако, как это часто бывает с одаренными детьми, отношения с товарищами не заладились, поскольку те, не веря в ее исключительную память, несправедливо обвиняли Марию в жульничестве, говоря, что она выучила уроки раньше, втайне от всех. Дело даже доходило до того, что ребята устраивали в комнате невыносимый гвалт, чтобы отвлечь Марию от чтения, в которое она всецело погружалась, сделав домашнее задание, но все их усилия были тщетны.

С каждым днем Брониславе, матери Марии, становилось все труднее и труднее сдерживать свой частотный кашель. Именно поэтому она никогда не целовала младшую дочь. Владислав отправил жену вместе со старшей дочерью Зосей в Ниццу, сказав Мане, что мама после лечения вернется совсем здоровая. Однако когда ребенок вновь увидел свою мать, то едва мог узнать былую красавицу в постаревшей, обреченной женщине. Однажды Владислав Склодовский узнал, что лишен места субинспектора, а значит – казенной квартиры и дополнительного жалованья. Кроме того, он по вине шурина, вовлекшего его в финансовую авантюру, потерял все накопленные деньги – тридцать тысяч рублей.

Но на этом череда невзгод отнюдь не кончалась... Заболели тифом сестры Мани – Броня и Зося. Уже через короткое время десятилетняя Мария хоронила Зося, а позже – и мать. Детские годы были омрачены навсегда.

## ПОЕЗД ВО ВЗРОСЛУЮ ЖИЗНЬ

Юной Марии предстояло сделать тяжелый, но необходимый переход в казенную имперскую гимназию, т.к. только там выдавали официальные аттестаты. Надо признать, она занималась в гимназии столь же усердно. И по ее окончании 12 июня 1883 г. с золотой медалью отец, гордый успехами дочери, решил подарить той год каникул для отдыха и поправки здоровья, прежде чем она выберет свою дорогу в жизни, от-

правив ее к родственникам. Там у Мани развилась страсть к деревенской жизни, так и оставшаяся в ней навсегда.

В сентябре 1884 г. Мария возвращается в Варшаву на новую семейную квартиру, ставшую еще беднее и теснее прежней. Главе семьи едва хватает теперешнего заработка учителя, чтобы оплатить квартиру, кухарку и питание. Склодовский отчетливо понимает: его детям надо начинать зарабатывать себе на жизнь. Мария, как Юзеф и сестры, бегают по Варшаве в поисках уроков. Вместе с Броней и Элей и их подругой Марией Раковской девушка начинает посещать полуподпольный «Вольный университет», где читались различные курсы, помогавшие молодежи расширить свое образование. «Я живо помню теплую атмосферу умственного и общественного братства, которая тогда царила между нами... наш личный долг – помогать тем, кому мы можем быть наиболее полезны», – спустя сорок лет вспоминала Мария Кюри. Дело в том, что в Российской империи, в состав которой в то время входила Польша, возможности женщин получить высшее научное образование были ограничены. Тогда Мария разработала план, согласно которому она в течение пяти лет будет работать гувернанткой в каком-нибудь семействе, чтобы дать возможность старшей сестре Броне окончить медицинский институт в Париже, оплачивая ее учебу. Став врачом, та, в свою очередь, должна помочь томившейся жаждой знаний Мане получить высшее образование. Сестра с радостью согласилась.

Однако, в конце концов, Маня уходит от своих первых хозяев, не вынеся той удушающей атмосферы «беспросветной тупости», что царит в их семье, и решает перебраться в провинцию, где ей предложили хорошо оплачиваемое место гувернантки. Решение покинуть близких, несомненно дорогих ей людей, родной дом далось Марии непросто, но уже 1 января 1886 г. восемнадцатилетняя девушка садится в поезд

и мчится во взрослую, пугающую своей неизведанностью жизнь. На новом месте хозяева оказались приветливее прежних. Свободное от обязанностей время Мария посвящает обучению крестьянских детей грамоте, осуществляя свою заветную мечту, а сверх того немного занимается самообразованием.

### ПОБЕГ ИЗ ВАРШАВЫ

Прошло три года с тех пор, как Мария стала работать гувернанткой. Ее отец, выйдя в отставку с казенной службы, устроился директором исправительного приюта и теперь имел возможность материально помогать дочерям. И уже он, а не Мария, ежемесячно отсылал Броне в Париж необходимую ей сумму.

Мария переезжает в Варшаву, где ее ждут очередные хозяева. Однажды утром, словно гром среди ясного неба, она получает письмо из столицы Франции, в котором благодарная сестра Броня, готовящаяся к свадьбе, приглашает Марию к себе. Накопив определенную сумму денег, необходимую, чтобы записаться на лекции в Сорбонне, Броня предлагает сестре пожить у них и наконец исполнить свою давнюю мечту. Казалось бы, Мария придет в восторг и ответит, что она вне себя от счастья, и придет. Ничего подобного! В письме к Броне она просит сестру заняться делами Юзефа и вежливо отказывается от сделанного ей предложения, мотивируя свое решение желанием помочь Эле и прожить будущий год вместе с отцом, подарив ему на старости лет крупицу счастья. В жизни Марии появляется ни с чем не сравнимая радость: ее родственник заведует учреждением (Музей промышленности и сельского хозяйства), в котором имеется лаборатория. Маня поистине счастлива, ведь теперь она может воспроизводить опыты, описанные в пособиях по химии и физике. В один знаменательный миг будущая мадам Кюри осознает, что вот оно, ее призвание! Ей безумно не терпится уехать в Париж, в чем она откровенно признается Броне в письме от 23 сентября 1891 г.

### «ПРИЕМНАЯ МАТЕРЬ ПИТОМЦЕВ НАУКИ»

*Самая знаменитая и наилучшая школа – в Париже, а зовут ее Сорбонна.*

Мартин Лютер

Мари Склодовска – так она подписывается на своем студенческом билете – числится студенткой химического отделения факультета естествознания Сорбонны, и теперь она может ставить простые опыты, только не наудачу, как в лаборатории музея, а осознанно, под руководством опытных преподавателей. Мари на лекциях сидит всегда в первом ряду, с упоением заслушивается каждым словом, произнесенным профессорами, и думает, что утолить всю свою жажду знаний она не сможет никогда. Но в доме сестры Мари очень трудно сосредоточиться, к тому же и до Сорбонны целый час езды, поэтому она принимает решение переехать ближе к месту занятий.

Стоит ли описывать все неудобства и трудности, с которыми пришлось столкнуться Мари, покинув Броню? Достаточно только упомянуть, что она целиком уходит в учебу, дичится людей, падает в голодные обмороки, умудряется жить на сорок рублей в месяц, как монах в келье, но ни на секунду не прекращает занятий. Наконец в 1893 г. она получает диплом по физическим наукам, а через год – диплом по математическим наукам, выдержав экзамены, а значит, пробивает час отбытия на родину – в Польшу.

Но наступление осени знаменует собой вновь отъезд в Париж. Отсутствие средств чуть было не остановило Мари, но друзья добились для нее стипендии из фонда Александровича – целых шестьсот рублей! Возвратившись в Париж, Мари сняла чистую и достаточно приличную комнату и начала потихоньку ее обустраивать.

В жизни Мари теперь была лишь одна страсть – страсть к науке.



Мария и Пьер Кюри

### ПЬЕР КЮРИ

*Я обрела в браке все, о чем могла мечтать в момент заключения нашего союза, и даже больше того.*

*... а муж у меня – лучшего даже нельзя себе вообразить, это настоящий Божий дар, и чем дольше живем мы вместе, тем сильнее любим друг друга.*

Мария Кюри (из письма сестре Броне, 1899 г.)

Мари была всецело поглощена исследованием магнитных свойств различных марок стали и обнаружила, что лаборатория профессора Г.Липмана слишком мала для организации подобных опытов. Мари принимает приглашение польского физика-эмигранта Ковальского на ужин. Там присутствует молодой ученый Пьер Кюри, руководитель лаборатории при Муниципальной школе промышленной физики и химии, который, по словам Ковальского, может найти подходящее помещение для исследований или, во всяком случае, дать нужный совет.

Пьер родился в Париже 15 мая 1859 г. в семье врача Эжена Кюри. В шестнадцать лет он получил аттестат зрелости, в восемнадцать – диплом лиценциата. Пьером Кюри

<http://notepod.info/2010/01/fizika-lyubvi-mariya-kuri/>

к моменту знакомства с Мари было сделано немало научных открытий, среди которых следует отметить исследования по физике кристаллов и зависимости магнитных свойств веществ от температуры.

Встреча двух физиков, научные интересы которых тесно соприкасались, сблизила молодых людей, пробудив в них взаимную симпатию. Спустя некоторое время Пьер предложил Мари стать его женой, но та, вопреки ожиданиям возлюбленного, отказала ему, ссылаясь на преданность делу борьбы за независимость Польши, патристические чувства и привязанность к семье. Однако очень скоро, уже 26 июля 1895 г., Мари Склодовска будет гордо называть себя мадам Кюри.

Выйдя замуж, Мари малопомалу набралась хозяйственной премудрости: в день три часа уходило на домашние дела, а восемь – на научные исследования. Помимо этого, по ночам Мари готовилась к конкурсу на звание преподавателя средней школы, в котором впоследствии заняла первое место. А 12 сентября 1897 года в жизни Пьера и Мари случилось знаменательное событие – родилась дочь Ирен, будущая обладательница Нобелевской премии!

## НОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

*Мадам Кюри является живой библиографией по радио: владея в совершенстве пятью языками, она перечитала все печатные работы по исследованиям в этой области.*

Ева Кюри («Мария Кюри»)

Оправившись от родов, Мари возвращается к своей научной деятельности, и следующая ступень в развитии ее карьеры – защита докторской диссертации. В поисках оригинальной темы Мари останавливается на работах французского физика Анри Беккереля, который, исследуя соли урана, обнаружил, что они самопроизвольно, независимо от внешнего воздействия, будь то

температура или освещенность, испускают лучи неизвестного происхождения, превращая воздух в проводник электричества и разряжая на расстоянии электроскоп. Излучение сохранялось даже после длительного выдерживания в темноте ураносодержащего вещества.

Заинтригованная статьями Беккереля, Мари решает заняться исследованием природы этих излучений и после нескольких недель работы устанавливает, что интенсивность зафиксированного излучения пропорциональна количеству урана в исследуемых образцах. Сделав этот вывод, Мари размышляет: уран – единственный ли химический элемент, испускающий подобные лучи? Поработав с соединениями всех известных к тому времени элементов, Кюри убедилась, что самопроизвольное излучение свойственно также и соединениям тория. Мадам Кюри предложила назвать наблюдаемое явление «радиоактивностью», а уран и торий – «радиоэлементами».

Молодая ученая не ограничивается рассмотрением чистых элементов, их солей и оксидов, а решает исследовать также и образцы минералов, имеющиеся в Школе физики. Мари предполагает, что уран- и торийсодержащие вещества будут радиоактивными, а те образцы, в которых указанные радиоэлементы отсутствуют, окажутся полностью «неактивными». Однако действительность оказалась неожиданной: количество тория или урана в данных минералах было ничтожно мало, чтобы стать причиной чрезвычайной, ненормальной радиоактивности, проявляемой ими. Мадам Кюри высказывает дерзкую гипотезу: исследуемые образцы помимо урана содержат еще неизвестный, но очень радиоактивный химический элемент.

Новый элемент! Весной 1898 г. она сообщила о своей гипотезе и о результатах экспериментов Французской академии наук. Пьер даже решил прервать свои работы по физике кристаллов, дабы помочь

жене выделить этот неведомый химический элемент. С 1898 г. начинается их совместная работа, которая продлится 8 лет.

В качестве объекта исследования супруги Кюри взяли минерал уранит (урановую смолку), который в своем природном виде проявлял радиоактивность, вчетверо большую, чем чистый оксид урана. Обработывая урановую руду кислотами и сероводородом, они разделили ее на известные компоненты и, исследуя каждый из них, установили, что радиоактивность сосредоточивается в двух различных по химическому составу фракциях. Следовательно, предположили Мари и Пьер, существуют два новых элемента. Один из них, по своим химическим свойствам близкий к висмуту, был назван полонием (от лат. *polonium, Polonia* – Польша) – так Мария Кюри воздала дань уважения своей Родине, ведь, как известно, став французским физиком, она не отреклась от Польши. Второй элемент, схожий с барием, получил название «радий» (от лат. *radium* – излучающий).

## ДОЛГОЖДАННАЯ ПОБЕДА

*Поэзия – та же добыча радия.*

*В грамм добыча, в год труды.*

*Изводишь единого слова ради  
тысячи тонн словесной руды.*

В.Маяковский («Разговор с фининспектором о поэзии»)

Закономерно напрашивается вопрос: как в научном сообществе отнеслись к открытию радия и полония? Скажем сразу, что по-разному. Так, собратья-физики были увлечены работами Пьера и Мари, однако с осторожностью относились к любым суждениям и выводам. Химики были еще более скептически настроены, поскольку радия и полония до сих пор никто не видел, опытов, иллюстрирующих свойства новых элементов, не проводили, атомная масса не была установлена. И, чтобы добиться признания своих заслуг химиками-скептиками, супругам Кюри понадобится четыре года



Мария Кюри в лаборатории

упорной работы (с 1898 по 1902 гг.). Поскольку выделенные образцы содержали примеси висмута и бария, перед Мари и Пьером стояла задача добыть полоний и радий в чистом виде, чтобы представить собратьям по науке решающие доказательства их существования.

Урановая смолка – очень дорогой минерал, а вот ее отходы стоили гроши, поэтому находчивые супруги, не ожидая помощи от правительства, закупили на свои скромные сбережения сырье и оплатили перевозку до Парижа. Надо отдать должное упорству и мужеству Мари, работавшей в старом сарае без каких бы то ни было удобств, окруженной клубами паров вредных для здоровья человека веществ, готовившей пищу тут же... Изнурительный труд к ночи валил молодую ученую с ног от усталости, но Мари не унывала и не жаловалась на судьбу, о чем позже напишет: «Несмотря на трудные условия работы, мы чувствовали себя вполне счастливыми». Особо отметим, что в творчестве супругов нельзя различить вклад каждого из них. Во всех научных работах, опубликованных ими, Мари и Пьер употребляют местоимение «мы»: «мы нашли...», «мы наблюдали...» и т.п.

Работа по выделению чистых металлов блестяще продвигалась. В течение 1899 и 1900 гг. Пьер и Мари опубликовали одну статью об открытии индуцированной радиоактивности, вызываемой радием, другую статью – о явлениях радиоактивности и третью – о переносе

электрического заряда посредством обнаруженных лучей. Наконец, для физического конгресса 1900 г. они пишут общий обзор по исследованию радиоактивных веществ, который вызывает огромный интерес в научном мире.

Теперь наступает следующий этап исследования – очистка и дробная кристаллизация растворов высокой радиоактивности. Мари Кюри стремительно приближается к своей цели, получая все более и более концентрированные продукты с большим и большим содержанием радия. Но для осуществления дальнейших действий нужно предельно чистое помещение с соответствующей аппаратурой. Можно ли такое найти? Увы, нет! Пьер уговаривает жену сделать передышку, но упорству Мари можно только позавидовать. И в 1902 г. она одерживает победу, выделив один дециграмм (!) хлорида радия, и устанавливает атомную массу металла, равную 225! Интенсивность его излучения оказалась в миллион раз сильнее, чем излучения урана.

Радий стал союзником человека в борьбе с жестокой болезнью – раком. Работая вместе с известными учеными-медиками М.Бушаром и В.Бальтазаром, Пьер Кюри пришел к заключению, что излучение радия, разрушая больные клетки, излечивает волчанку, злокачественные опухоли и некоторые формы рака (этот вид терапии позже назовут «кюри-терапией»).

Интересен один факт. Еще до того как супруги с головой ушли в новую область, Мари, мирно беседуя с Пьером, спросила у него, как «он» [радий] будет выглядеть, на что супруг спокойно ответил: «Кто его знает... Видишь ли, мне бы хотелось, чтобы у него был красивый цвет». В действительности радий излучал голубоватый фосфоресцирующий свет, благодаря чему и привлек внимание всего мира. Это чудесное свойство немного позже позволит отличать алмаз от его подделки – страза. Пьер Кюри оказался прав.

## ЗАЩИТА ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ И НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ ПО ФИЗИКЕ

*Нобелевская премия – это только награда, выданная шведскими учеными собратьям по науке за труды, а следовательно, ее можно принять, не совершая ничего противоположного духу науки.*  
Мария Кюри

С 1899 по 1904 гг. Мари и Пьер то вместе, то раздельно, то в сотрудничестве с кем-нибудь из своих коллег публикуют 32 научные статьи, информация о некоторых из них представлена в таблице.

Известие об открытии радиоактивности французскими учеными быстро распространяется за границей, и чета Кюри начинает получать письма от именитых иностранных коллег. В нескольких странах также предпринимаются безуспешные попытки открыть новые радиоэлементы: весь мир узнает о радиотории, ионии (изотопы тория), мезотории (изотоп радия), протактинии (родоначальник актиния) и радиосвинце.

В 1903 г. английские ученые У.Рамзай (лауреат Нобелевской премии по химии 1904 г.) и Ф.Содди (лауреат Нобелевской премии по химии 1921 г.) спектроскопическим методом обнаружили образование гелия из радия. Можно небезосновательно утверждать, что открытие радия произвело в научном мире настоящий фурор, ведь до этого события ученые искренне полагали, что Вселенная состоит из неизменных элементов. «Выскакивание» атомов гелия из частиц радия напроць опровергло это господствующее в науке мнение. В этом же году радиохимик Ф.Содди совместно с Э.Резерфордом установили, что радиоактивный распад протекает по закону, описывающему ход мономолекулярной реакции (даже когда радиоэлементы кажутся неизменными, они находятся в состоянии самопроизвольного распада), и

Таблица

№	Автор(-ы) статьи	Название статьи	Год публикации
1	М. и П.Кюри	О химическом действии лучей радия	1899
2	М.Кюри	Об атомном весе бария, содержащего радий	1900
3	М. и П.Кюри	Новые радиоактивные вещества и их лучеиспускание	1900
4	П.Кюри и А.Дебьерн	Об индуцированной радиоактивности...	1901
5	П.Кюри и А.Беккерель	Физиологическое действие лучей радия	1901
6	М. и П.Кюри	О радиоактивных телах	1901
7	М.Кюри	Об атомном весе радия	1902
8	П.Кюри	Об абсолютном измерении времени	1902
9	П.Кюри	Об индуцированной радиоактивности...	1903
10	П.Кюри и А.Лаборд	О теплоте...	1903
11	М.Кюри	Исследование радиоактивных веществ	1903
12	П.Кюри и А.Лаборд	О радиоактивности газов...	1904
13	П.Кюри, М.Бушар, В.Бальгазар	Физиологическое действие эманаии радия	1904

опубликовали «Теорию радиоактивных превращений». Помимо этого, было доказано экспериментально, что лучи, испускаемые образцами радиоактивных металлов, способны проникать сквозь самые светонепроницаемые материалы. Также было обнаружено самопроизвольное выделение тепла радием.

Собственными руками Пьер и Мари добывают один грамм радия из восьми тонн уранита. Мари до конца жизни не расстанется с ним и позже завещает своей лаборатории. Ева Кюри по этому поводу напишет: «Когда сарай рухнет под ломами рабочих, а мадам Кюри уже не будет на свете, этот грамм останется излучающим свет символом подвига и героической поры двух человеческих жизней». Радий становится

самым дорогим веществом на свете: один его грамм стоит 750 000 франков золотом! В связи с этим обстоятельством действительную помощь супруги получили от Центрального общества химических продуктов под руководством А.Дебьерна и Академии наук. Кроме того, был построен завод по производству радия для врачей (1904).

Завершив исследования, Мари наконец написала свою докторскую диссертацию. Работа называлась «Исследования радиоактивных веществ» («*Recherches sur les Substances Radioactives*») и была представлена Сорбонне в июне 1903 г. В результате мадам Кюри получила почетное звание доктора физических наук. В декабре того же года (10 числа) Академия наук в

Стокгольме публично объявила, что Нобелевская премия по физике присуждается Анри Беккерелю и супругам Кюри «за выдающиеся заслуги в совместных исследованиях явлений радиации». Мари стала первой женщиной, удостоенной этой высокой награды.

### ТРУДНОЕ ЖИТЬЕ

*При больших заслугах и при большой скромности можно долго пребывать в неизвестности.*

М.Монтень

Жалованья Пьера не хватало, чтобы содержать семью. Его кандидатура на предоставление кафедры физической химии в Сорбонне была отклонена, при этом не освобождалось ни одного подходящего места. В это время ему неожиданно пришло письмо... но не из Франции, а из Швейцарии, в котором декан факультета Женевского университета предлагал Пьеру кафедру физики, более чем приличное жалование, лабораторию и оплату квартиры. Кроме того, штатное место предоставлялось и Мари. Сбывалось все, о чем мечтал Пьер!

Однако он вынужден отклонить соблазнительное предложение и остаться в Париже, где чуть позже перешел в Институт физики, химии и естественных наук. Остался, т.к. не мог ни перенести исследования в другое место, ни временно их отложить. В 1900 г. Мари начала преподавать физику в Севре, в *Ecole normale supérieure* – высшей педагогической школе, готовившей учителей средней школы. Овдовевший отец Пьера переехал к Кюри и помогал одержимым наукой супругам присматривать за Ирен.

Вскоре Пьер отказался от ордена Почетного легиона. Вопреки предсказаниям друзей, пытавшихся продвинуть молодого ученого на профессорское место, он не был избран в Академию наук, поскольку был чересчур скромным.

Ситуация в корне изменилась после присуждения супругам

половины Нобелевской премии по физике (1903). Никто из Кюри не присутствовал на заседании, поскольку и Пьер, и Мари болели все лето и не совсем еще поправились. Учитывая отвращение обоих супругов к известности, можно полагать, что суматоха, возникшая в связи с их популярностью, нарушила привычный уклад жизни четы, существовавшей ранее обособленно от людей; оба физика утратили внутренний покой. Простая замкнутая жизнь стала для них практически невозможной.

Мари чувствует себя усталой, измученной и душевно, и физически. Несмотря на упадок сил, 6 декабря 1904 г. она рождает девочку Еву, которая проживет 102 года и умрет лишь в 2007 г. в США. (А в 1937 г. Ева Кюри напишет биографический очерк о своей знаменитой матери, который будет удостоен Американской Национальной литературной премии; кроме того, на основе этой книги в том же году будет снят фильм с Грир Гарсон в главной роли.)

После рождения дочери чета Кюри решает наконец поехать в Стокгольм и сделать доклад. Они возвращаются из путешествия бодрыми, полными сил и энергии, вновь приобретают некогда потерянный вкус к жизни. Пьер и Мари, как и прежде, избегают светских приемов, однако изредка выбирают театр или на концерт.

5 июля 1905 г. Пьера избирают в Академию наук, однако он не понимает, что там делать и для чего она вообще нужна. Наконец Пьер получает долгожданную кафедру физики в Сорбонне, но о лаборатории пока не может быть и речи, поэтому он отказывается от нее. Руководство университета вынуждено хлопотать о выделении кредитов для исследований и рабочего помещения. Затраченные усилия увенчались успехом, и Пьер возвращается на кафедру.

Но 19 апреля 1906 г. случилось по-настоящему трагическое событие, которое трудно описать словами, – Мари потеряла спутника жизни, товарища и мужа в уличной



Мадам Кюри с дочерью Ирен в своей лаборатории в Институте радия (Париж), 1921 г.

катастрофе. Пьер нелепо погиб, угодив под колеса экипажа. «Очень бледная, сильно похудевшая, с чуть осунувшимся лицом и белокурыми, тронутыми сединой волосами», – такой портрет матери рисует Ева Кюри на страницах своего биографического романа.

### МАДАМ КЮРИ – ЛАУРЕАТ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ХИМИИ

Лишившись ближайшего друга, Мари замыкается в себе, но все же находит силы продолжать работу. В мае, после того как Мари отказалась от пенсии, назначенной Министерством общественного образования, факультетский совет Сорбонны назначил ее на кафедру физики, которую прежде возглавлял ее муж. В стенах этого учебного заведения Мари прочитает первый и в то время единственный в мире курс лекций, посвященный радиоактивности.

В 1908 г. Мари сведет воедино исследования своего покойного супруга и выпустит их под названием «Труды Пьера Кюри». А в 1910 г. свет увидит основной труд женщины-ученой – «Руководство по радиоактивности».

В том же году Мари удастся получить (совместно с А.Дебьерном)

уже не хлорид или бромид, а чистый металлический радий. Его образец впоследствии будет торжественно водворен в Бюро мер и весов в Севре близ Парижа в качестве международного эталона радия.

Пойдя по стопам Пьера, Мари отказывается от предложенного ей ордена Почетного легиона и, по результатам голосования, не проходит с первого раза в Академию наук (для избрания не хватило одного голоса). Но так ли это важно, если Шведская королевская академия наук через несколько месяцев в знак признания блестящих работ Мари по радиоактивности присуждает ей Нобелевскую премию по химии «за выдающиеся заслуги в области развития химии, за открытие элементов радия и полония, за выяснение природы радия в его металлическом виде и за исследования соединений этого замечательного элемента»? Деля публичный доклад, Мари посвящает все выпавшие на ее долю почести Пьеру Кюри.

Спустя полгода к Мари явилась делегация польских ученых (ее возглавлял знаменитый писатель Генрик Сенкевич), просившая вернуться в Варшаву и продолжать свои исследования там. Терзаемая чувством долга, Мари все же решает отказаться, однако наносит визит на родину, где читает научный доклад на польском языке, посещает научные собрания.

Вернувшись во Францию, Мари узнает, что архитектор П.А.Нено строит для нее Институт радия с двумя отделениями: радиоактивную лабораторию под руководством Мари Кюри и лабораторию биологических исследований и радиотерапии, в которой крупный ученый-медик профессор Клод Рего организует изучение рака, а также лечение больных. Институт был построен по приглашению Парижского университета (Сорбонны) и Пастеровского института. С 1919 по 1934 гг. физики и химики Института радия опубликовали 483 научные работы, в том числе дипломные и докторские диссертации, а 8319 больных прошли лечение.

## РАТНЫЙ ПОДВИГ ЖЕНЩИНЫ-УЧЕНОЙ

Начинается Первая мировая война. Дочери Мари, находящиеся в Бретани, получают от матери письма, в которых та откровенно признается, что верит в победу Франции и что останется в Париже служить своей второй родине. Мари создает одну рентгеновскую установку за другой, а также так называемые «радиологические автомобили», прозванные на фронте «кюричками», на которых объезжает госпиталь за госпиталем. Мадам Кюри твердо решила не покидать Францию, что бы ни случилось. Правда, она отвозит в Бордо тот самый грамм радия и едет обратно в Париж. За четыре года этой страшной войны более миллиона раненых прошли через 220 постоянных и передвижных станций, созданных и оборудованных мадам Кюри.

Мари жертвует имеющееся у нее золото государству и репатрирует из Швеции денежную сумму за вторую Нобелевскую премию. В начале 1915 г. она перевезла из Бордо свой запас радия и отдала его на службу стране. Помимо этого, Мари выступает с инициативой организовать курсы по подготовке сестер-радиологов. Впоследствии она обобщит накопленный опыт в монографии (1920) «Радиология и война» (*«La Radiologie et la guerre»*). В 1918 г. в жизни Мари происходят сразу две победы: завершилась Первая мировая война, и вместе с тем Польша, наконец, обрела независимость. Но удивительно то, что по окончании войны Мари, в отличие от многих дам, не получила солдатского крестика. Будто из памяти оказался вычеркнут неоценимый вклад женщины-ученой в победу...

## В ЗЕНИТЕ СЛАВЫ. ВСТРЕЧА СО СМЕРТЬЮ

С воцарением мира Мари снова может заняться научной работой,

становится умиротворенной женщиной, более смиренной, нежели прежде. Но в Институте радия неожиданно появляется редактор крупного нью-йоркского журнала миссис Мелони. Она была настолько ошеломлена, увидев утомленную Мари, жизнью и работой которой она так неустанно восхищается, что даже не смогла задать ни одного вопроса. Однако миссис Мелони все же удается выяснить, что мадам Кюри пожелала бы получить один грамм радия, который ей не по карману, для продолжения исследований.

Вернувшись в Америку, миссис Мелони организует сбор денег, и 20 мая 1921 г. в здании Белого дома президент Соединенных Штатов У.Гардинг дарит мадам Кюри заветный грамм радия, хранящийся в окованном свинцом ларце. Отметим, что путешествие в Америку оказалось для Кюри мучительным: она дважды прерывала поездку, но, найдя в себе силы, объехала почти всю страну.

Вслед за этим событием столицы многих стран приглашают Мари на научные конференции, конгрессы, посещение лабораторий, университетские торжества... «В мире нет больше уголка, где бы не знали ее имени», – утверждает в своей книге Ева.

15 мая 1922 г. в жизни мадам Кюри происходит очень значимое событие: она становится вице-президентом Международной комиссии по научному сотрудничеству Лиги Наций. Здесь она решает целый ряд таких важных вопросов, как единая система обозначений и терминологии в науке, методика преподавания отдельных дисциплин и борьба за авторские права ученых (какой парадокс, учитывая резко отрицательное отношение Мари к извлечению коммерческой выгоды из результатов научных исследований!).

Кроме того, Мари горит желанием основать в Варшаве, как и на

своей второй родине, Институт радия, куда поступали бы больные для прохождения курса радиотерапии и излечения от рака, где бы велись научные исследования. Но преградой на пути воплощения мечты в жизнь вновь явилось отсутствие средств. Тогда Мари вместе с сестрой Броней призывает поляков покупать по одному кирпичу, чтобы построить Институт имени Марии Склодовской-Кюри. Наконец, во многом благодаря отклику неравнодушных соотечественников, 29 мая 1932 г. она имеет честь присутствовать на открытии Института радия в Варшаве.

Несмотря на плохое зрение (а Мари перенесла четыре операции на глазах), раздражающий шум в ушах, ревматизм в одном плече и предчувствие неотвратимого конца, Мари начинает работать в десятки раз энергичнее, как бы бросая вызов смерти. Она стремится успеть везде: и исследовать элементы семейства актиноидов, и заняться изучением структуры  $\alpha$ -частиц, и закончить главную книгу своей жизни, которую после ее смерти не сможет создать никто. Однако долгие годы работы с радиоактивными образцами не прошли бесследно... 4 июля 1934 г. мадам Кюри скончалась в Сансельмозе (Франция) от острой злокачественной анемии.

Сейчас каждый из нас, открыв периодическую систему химических элементов, может обнаружить в ней элемент с порядковым номером 96, названный кюрием (Cm) в честь Марии Склодовской-Кюри, и вспомнить ее заслуги перед наукой – она одна из немногих, кто пожертвовал собой ради истины...

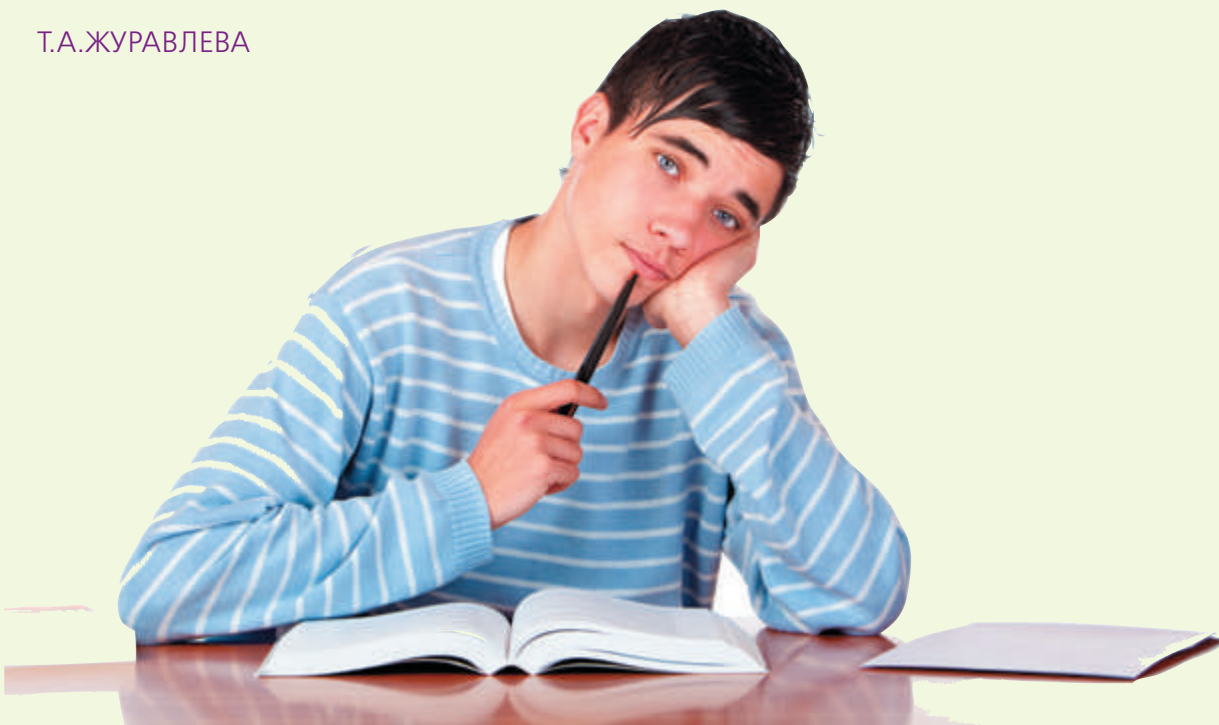
## ЛИТЕРАТУРА

Кюри Е. Мария Кюри. 3-е изд. М.: Атомиздат, 1973; Пьер и Мария Кюри. ЖЗЛ. М.: Молодая гвардия, 1959.

ТЕСТЫ ПО ХИМИИ ДЛЯ ОСНОВНОЙ И СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

# ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ заблаговременно

Т.А.ЖУРАВЛЕВА



## Т Е М А XII. ПОДГРУППА УГЛЕРОДА

Т е с т 1. Общая характеристика элементов подгруппы углерода.

### ВАРИАНТ 1

1. Электронную конфигурацию внешнего энергетического уровня  $2s^22p^2$  имеет атом:

- а) С; б) Si; в) Ge; г) Sn.

2. У элементов IVa группы от углерода к свинцу электроотрицательность:

- а) увеличивается; б) уменьшается;  
в) не изменяется; г) изменяется периодически.

### ВАРИАНТ 2

1. Электронную конфигурацию внешнего энергетического уровня  $4s^24p^2$  имеет атом:

- а) С; б) Si; в) Ge; г) Sn.

2. У элементов IVa группы от углерода к свинцу неметаллические свойства:

- а) усиливаются; б) ослабевают;  
в) не изменяются; г) изменяются периодически.

*Продолжение. См. № 1–20, 22, 23 / 2010*

### ВАРИАНТ 3

1. Электронную конфигурацию внешнего энергетического уровня  $3s^23p^2$  имеет атом:

- а) С; б) Si; в) Ge; г) Sn.

2. У элементов IVa группы от углерода к свинцу радиус атома:

- а) увеличивается; б) уменьшается;  
в) не изменяется; г) изменяется периодически.

### ВАРИАНТ 4

1. Распределению электронов по энергетическим уровням в атоме элемента соответствует ряд чисел: 2, 8, 18, 4. В периодической системе этот элемент расположен в группе:

- а) VIб; б) IVб; в) IVa; г) VIa.

2. У элементов IVa группы от углерода к свинцу способность принимать электроны:

- а) усиливается; б) ослабевает;  
в) не изменяется; г) изменяется периодически.

### ВАРИАНТ 5

1. Электронную конфигурацию внешнего энергетического уровня  $5s^25p^2$  имеет атом:

- а) С; б) Si; в) Ge; г) Sn.



2. У элементов IVa группы от углерода к свинцу число электронов на внешнем энергетическом уровне:
- увеличивается;
  - уменьшается;
  - не изменяется;
  - изменяется периодически.

## ВАРИАНТ 6

1. Электронная конфигурация внешнего энергетического уровня атомов элементов IVa группы в общем виде:

- $ns^2np^1$ ;
- $ns^2np^2$ ;
- $ns^2np^4$ ;
- $ns^2np^5$ .

2. У элементов IVa группы от углерода к свинцу заряд ядра:

- увеличивается;
- уменьшается;
- не изменяется;
- изменяется периодически.

## Т е с т 2. Углерод и его оксиды.

## ВАРИАНТ 1

1. Верны ли следующие суждения?

А. Графит – это слоистое кристаллическое вещество темно-серого цвета.

Б. Газированная вода – это раствор оксида углерода(II) в воде.

- Верно только А;
- верно только Б;
- верны оба суждения;
- оба суждения неверны.

2. Алмаз и графит – это:

- изомеры;
- аллотропные видоизменения;
- гомологи;
- одно и то же вещество.

3. Оксид углерода(II) проявляет восстановительные свойства при нагревании с:

- $Fe_2O_3$ ;
- $N_2$ ;
- Fe;
- $CO_2$ .

## ВАРИАНТ 2

1. Верны ли следующие суждения?

А. «Сухой лед» – это твердый углекислый газ.

Б. Алмаз используют для обработки особо твердых материалов.

- Верно только А;
- верно только Б;
- верны оба суждения;
- оба суждения неверны.

2. Причина различий в свойствах аллотропных модификаций углерода в:

- способах собирания веществ;
- составе атомов углерода;
- строении веществ;
- составе веществ.

3. Углекислый газ в лаборатории получают при взаимодействии:

- $Na_2CO_3$  (р-р) и  $CaCl_2$ ;
- $CaCO_3$  и  $HCl$  (р-р);
- $Na_2CO_3$  и  $Ca(OH)_2$ ;
- $NaOH$  (р-р) и  $CaCO_3$ .

## ВАРИАНТ 3

1. Верны ли следующие суждения?

А. Для получения древесного угля древесину нагревают на воздухе.

Б. Угарный газ может образовываться при неполном сгорании топлива в печах и двигателях внутреннего сгорания.

- Верно только А;
- верно только Б;
- верны оба суждения;
- оба суждения неверны.

2. Простые вещества, образованные атомами одного элемента, – это:

- изомеры;
- аллотропные видоизменения;
- гомологи;
- одно и то же вещество.

3. Углерод как окислитель вступает в реакцию с:

- кислородом;
- оксидом цинка;
- водородом;
- водой.

## ВАРИАНТ 4

1. Верны ли следующие суждения?

А. Адсорбционные способности угля обусловлены его пористостью.

Б. Оксид углерода(II) прочнее, чем кислород, связывается с гемоглобином, и кровь перестает транспортировать кислород к клеткам тканей организма.

- Верно только А;
- верно только Б;
- верны оба суждения;
- оба суждения неверны.

2. Аллотропные модификации углерода **не** отличаются:

- цветом;
- элементом, образующим вещества;
- строением;
- твердостью.

3. При взаимодействии углерода с алюминием образуется:

- карбонат алюминия;
- гидрокарбонат алюминия;
- карбид алюминия;
- метан.

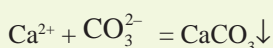
## Т е с т 3. Угольная кислота и ее соли.

## ВАРИАНТ 1

1. Гидрокарбонат натрия реагирует с:

- нитратом калия;
- оксидом углерода(IV);
- гидроксидом калия;
- оксидом меди(II).

2. Сокращенное ионное уравнение реакции



соответствует взаимодействию:

- а) сульфата кальция с карбонатом натрия;
- б) карбоната кальция с сульфатом натрия;
- в) оксида кальция с карбонатом калия;
- г) хлорида кальция с сульфатом калия.

3. Карбонат калия образован:

- а) слабой кислотой и сильным основанием;
- б) слабой кислотой и слабым основанием;
- в) сильной кислотой и сильным основанием;
- г) сильной кислотой и слабым основанием.

4. К кислым солям не относится вещество, формула которого:

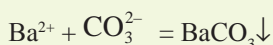
- а)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;
- б)  $\text{NaHS}$ ;
- в)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ;
- г)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .

ВАРИАНТ 2

1. Гидрокарбонат натрия **не** реагирует с:

- а) серной кислотой;
- б) соляной кислотой;
- в) гидроксидом натрия;
- г) оксидом углерода(IV).

2. Сокращенное ионное уравнение реакции



соответствует взаимодействию:

- а) сульфата бария с карбонатом натрия;
- б) оксида бария с карбонатом натрия;
- в) нитрата бария с карбонатом натрия;
- г) хлорида бария с карбонатом кальция.

3. Щелочную среду имеет водный раствор соли:

- а) карбоната натрия;
- б) сульфата натрия;
- в) сульфата бария;
- г) нитрата аммония.

4. Формула питьевой соды – это:

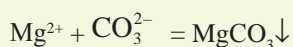
- а)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
- б)  $\text{NaHCO}_3$ ;
- в)  $\text{CaCO}_3$ ;
- г)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

ВАРИАНТ 3

1. Качественной реакцией на соли угольной кислоты является их последовательное взаимодействие с:

- а) соляной кислотой и нитратом серебра;
- б) соляной кислотой и известковой водой;
- в) соляной кислотой и бромной водой;
- г) соляной кислотой и кремниевой кислотой.

2. Сокращенное ионное уравнение реакции



соответствует взаимодействию:

- а) нитрата магния с углекислым газом;
- б) карбоната кальция с сульфатом магния;
- в) оксида магния с карбонатом натрия;
- г) хлорида магния с карбонатом калия.

3. Какая соль в водном растворе подвергается гидролизу по аниону?

- а)  $\text{BaSO}_4$ ;
- б)  $\text{AlCl}_3$ ;
- в)  $\text{KNO}_3$ ;
- г)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

4. Формула кристаллической соды:

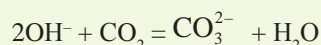
- а)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
- б)  $\text{NaHCO}_3$ ;
- в)  $\text{CaCO}_3$ ;
- г)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

ВАРИАНТ 4

1. Карбонат кальция **не** взаимодействует с:

- а) соляной кислотой;
- б) углекислым газом и водой;
- в) хлоридом натрия;
- г) азотной кислотой.

2. Сокращенное ионное уравнение реакции



соответствует взаимодействию:

- а) воды с углекислым газом;
- б) гидроксида цинка с углекислым газом;
- в) гидроксида натрия с углекислым газом;
- г) гидроксида алюминия с углекислым газом.

3. Под действием раствора карбоната натрия лакмус приобретает окраску:

- а) синюю;
- б) красную;
- в) желтую;
- г) фиолетовую.

4. Формула основного компонента мела:

- а)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
- б)  $\text{NaHCO}_3$ ;
- в)  $\text{CaCO}_3$ ;
- г)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Т е с т 4. Кремний и его соединения.

ВАРИАНТ 1

1. Атомную кристаллическую решетку имеет:

- а)  $\text{Na}_2\text{O}$ ;
- б)  $\text{SiO}_2$ ;
- в)  $\text{CaF}_2$ ;
- г)  $\text{H}_2\text{O}$ .

2. Кремний **не** взаимодействует с:

- а) кислородом;
- б) водородом;
- в) фтором;
- г) магнием.

3. Среда раствора силиката натрия:

- а) щелочная;
- б) кислая;
- в) нейтральная;
- г) слабокислая.

4. Формула вещества, которое называют жидким стеклом, или силикатным клеем:

- а)  $\text{Si}$ ;
- б)  $\text{SiO}_2$ ;
- в)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ;
- г)  $\text{CaSiO}_3$ .

ВАРИАНТ 2

1. Молекулярную кристаллическую решетку имеет:

- а)  $\text{CaF}_2$ ;
- б)  $\text{CO}_2$ ;
- в)  $\text{SiO}_2$ ;
- г)  $\text{AlF}_3$ .

2. Оксид кремния взаимодействует с:

- а) азотной кислотой;
- б) серной кислотой;
- в) водой;
- г) плавиковой кислотой.

3. В водном растворе гидролизу по аниону подвергается:

- а)  $\text{BaSO}_4$ ;
- б)  $\text{CuCl}_2$ ;
- в)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ;
- г)  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ .

4. Формула вещества, из которого состоят кварц, кремнезем, халцедон, – это:

- а) SiO; б) SiO<sub>2</sub>; в) K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>; г) CaSiO<sub>3</sub>.

#### ВАРИАНТ 3

1. Атомную кристаллическую решетку имеет каждое из двух веществ:

- а) оксид кремния и оксид углерода(IV);  
б) алмаз и кремний;  
в) хлор и йод;  
г) хлорид калия и фторид железа(III).

2. Оксид кремния **не** взаимодействует с:

- а) гидроксидом натрия;  
б) карбонатом кальция;  
в) водой;  
г) плавиковой кислотой.

3. Щелочную среду имеет водный раствор соли:

- а) хлорида натрия; б) силиката калия;  
в) сульфата бария; г) нитрата магния.

4. Кварц, кварцевый песок, горный хрусталь, аметист, яшма – все эти материалы образованы одним и тем же веществом, формула которого:

- а) Si; б) SiO<sub>2</sub>; в) K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>; г) CaSiO<sub>3</sub>.

#### ВАРИАНТ 4

1. Утверждение о том, что структурной единицей данного вещества является молекула, справедливо для:

- а) алмаза; б) поваренной соли;  
в) кремния; г) азота.

2. Кремний взаимодействует с:

- а) серной кислотой;  
б) водородом;  
в) азотной кислотой;  
г) гидроксидом натрия.

3. Лакмус становится синим в водном растворе:

- а) Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; б) Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>; в) CrCl<sub>3</sub>; г) K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

4. Формула оксида – компонента, который всегда входит в состав неорганического стекла, – это:

- а) CO<sub>2</sub>; б) SiO<sub>2</sub>; в) K<sub>2</sub>O; г) CaO.

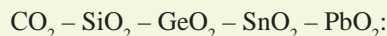
Т е с т 5. Вещества, образованные элементами подгруппы углерода.

#### ВАРИАНТ 1

1. Водородные соединения с общей формулой ЭН<sub>4</sub> образуют элементы подгруппы:

- а) азота; б) серы; в) фтора; г) углерода.

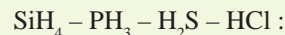
2. Кислотный характер оксидов в ряду



- а) уменьшается;  
б) усиливается;  
в) не изменяется;  
г) изменяется периодически.

#### ВАРИАНТ 2

1. Длина химической связи элемент – водород в ряду соединений



- а) уменьшается;  
б) возрастает;  
в) не изменяется;  
г) изменяется периодически.

2. Амфотерные свойства **не** проявляют соединения:

- а) кремния; б) германия; в) олова; г) свинца.

#### ВАРИАНТ 3

1. Прочность химической связи элемент – водород в ряду соединений



- а) уменьшается;  
б) увеличивается;  
в) не изменяется;  
г) изменяется периодически.

2. Основной характер оксидов в ряду



- а) уменьшается;  
б) усиливается;  
в) не изменяется;  
г) изменяется периодически.

#### ВАРИАНТ 4

1. Длина химической связи элемент – водород в ряду соединений



- а) уменьшается;  
б) возрастает;  
в) не изменяется;  
г) изменяется периодически.

2. Амфотерные свойства проявляют соединения:

- а) натрия;  
б) кислорода;  
в) кремния;  
г) олова.

#### КРОССВОРДЫ

##### ОТВЕТЫ НА КРОССВОРД «СНЕЖИНКА»

(см. № 24/2010)

**По горизонтали:** 2. Бор. 5. Инсулин. 8. Вода. 9. Вата. 11. Титан. 14. Золото. 15. стакан. 16. Нефть. 17. Соль. 18. Эфир. 22. Цилиндр. 23. Йод.

**По вертикали:** 1. Корунд. 3. Анод. 4. Цинк. 6. Водород. 7. Стеарин. 10. Ион. 12. Туф. 13. Газ. 19. Амид. 20. Стирол. 21. Сода.

Комплексные соединения • 11 класс

# Металлы в мягкой упаковке



**С.В.ЛАРИНА,**  
учитель химии средней школы № 26  
с углубленным изучением  
отдельных предметов,  
г. Нижнекамск, Республика Татарстан

При подготовке к ЕГЭ по химии нужно прочно усвоить материал о свойствах металлов побочных подгрупп, рассмотреть их возможные соединения, знать номенклатуру. Реакции в растворе происходят с образованием комплексных солей, основу которых составляют металлы. Синтез многих лекарств, витаминов, биодобавок связан с комплексными соединениями.

При проведении данного урока в классах профильного обучения предусмотрено использование ИКТ в сочетании с химическим экспериментом.

*Свои способности человек может узнать,  
только попытавшись приложить их.*  
Сенека Младший

## Цели.

Пробудить интерес учащихся к углубленному изучению темы комплексных соединений; сформировать понятие о составе, строении и номенклатуре комплексных соединений; расширить представление учащихся о многообразии веществ.

## Задачи.

**Обучающие:** рассмотреть строение комплексных соединений; изучить способы получения и открытия комплексных соединений, физические и химические свойства, а также применение; научить учащихся самостоятельно проводить химический эксперимент с использованием инструкций и соблюдать правила техники безопасности при работе в кабинете химии; научить работать с научной литературой, информационными источниками по данной теме.

**Развивающие:** развить умения формулировать гипотезы и проводить их опытную проверку; совершенствовать умения работать с лабораторным оборудованием и реактивами; продолжить формирование умений обрабатывать и анализировать экспериментальные данные, делать выводы о свойствах вещества.

**Воспитательные:** воспитывать у учащихся наблюдательность, внимание, пытливость, инициативу и культуру эксперимента; формировать потребности в познавательной деятельности и ценностное отношение к знаниям; воспитывать культуру общения через работу в парах «ученик – ученик», «учитель – ученик».

**Средства обучения.** Компьютерная презентация; таблица растворимости; электрохимический ряд на-

пряжений металлов; периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева; коллекция «Комплексные соединения»; химическое оборудование и химические реактивы.

## ХОД УРОКА

*Комплексообразующие элементы  
являются организаторами жизни.*  
К.Б.Яцимирский

## Вступительное слово учителя

**Учитель.** *Еще в конце XIX в. ученые обратили внимание на группу веществ, которая по всем химическим законам ... не должна была существовать.*

*Встречаются молекулы двух стабильных соединений – аммиака и хлорида никеля. И неожиданно объединяются! Не обмениваются частью атомов, а создают общую молекулу из всех входящих в них элементов – сложное соединение, состоящее из никеля, азота, водорода и хлора. Состав его –  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ .*

*Многие из подобных сложных солей ярко окрашены. Простой опыт может вас в этом убедить.*

### **Демонстрационный опыт.**

Медную проволочку несколько раз подряд раскаляют докрасна и опускают в нашатырный спирт. Бесцветный раствор начинает приобретать сначала бледный, а затем все более интенсивный синий цвет – в нем образуется цветная комплексная соль, включающая ионы меди, аммиак и гидроксильные группы.

**Учитель.** *С некоторыми комплексными соединениями вы уже встречались, например:*

- 1) взаимодействие аммиака с водой и кислотами;
- 2) образование алюминатов различного состава.

Давайте составим план изучения комплексных соединений. Что нам нужно включить в план урока?

**Ученики.** Нахождение в природе, получение и открытие комплексных соединений, классификация и номенклатура комплексных соединений.

#### План изучения нового материала

1. Открытие комплексных соединений.
2. Строение комплексных соединений.
3. Образование комплексной соли с точки зрения современных представлений о строении и химической связи.
4. Номенклатура и классификация комплексных соединений.
5. Получение комплексных соединений.
6. Свойства комплексных соединений.
7. Практическое применение.

**Учитель.** Химики XIX в. имели дело с комплексными соединениями (первое было открыто еще в 1798 г. Б.М.Тассером), но не могли объяснить их строение с точки зрения существовавших тогда представлений о валентности. Потребовалось почти столетие, прежде чем химия комплексных соединений стала развиваться благодаря созданию координационной теории, объясняющей их строение. Эта теория, на основе которой строение комплексных соединений рассматривают и в настоящее время, была предложена в 1893 г. швейцарским химиком Альфредом Вернером и впоследствии дополнена отечественными учеными Л.А.Чугаевым, И.И.Черняевым, А.А.Гринбергом и др.

Вернер составил грандиозную программу изучения нового класса соединений и сумел силами своей научной школы заложить основу химии координационных соединений. В 1911 г. он обнаружил предсказанные ранее оптически активные неорганические изомеры – соединения кобальта, хрома и железа, что послужило блестящим подтверждением координационной теории. Это было крупным успехом, и в 1913 г. он стал лауреатом Нобелевской премии.

На основе координационной теории в наши дни объясняется химическое строение таких важных веществ, как хлорофилл, гемоглобин, ферменты.

Согласно этой теории, соединения, в состав которых входят сложные ионы, существующие как в кристалле, так и в растворе, называются **комплексными** (от лат. *complexus* – сочетание, связь) или **координационными**.

Где же встречаются комплексные соединения? Это многие органические вещества, имеющие большое значение в жизнедеятельности организмов. К ним относятся гемоглобин, хлорофилл, ферменты и др.

#### Демонстрационный опыт.

Разрезают картофелину, и на свежую плоскую поверхность наносят каплю йода из домашней аптечки. Бурая жидкость тут же превращается в пятно темного сине-фиолетового цвета.

**Учитель.** На наших глазах образуется комплексное соединение двух нейтральных молекул – крахмала и йода. Органические и неорганические вещества умело взаимодействуют, создавая химические комплексы!

#### Строение комплексных соединений

**Учитель.** Согласно теории Вернера центральное положение в комплексных соединениях занимает, как правило, ион металла, который называют **центральным ионом**, или **комплексообразователем**.

Комплексообразователь – частица (атом, ион или молекула), координирующая (располагающая) вокруг себя другие ионы или молекулы. Ион металла оказывается спрятанным, упакованным, запеленутым внутри комплекса, как драгоценное дитя у чересчур заботливых родителей.

(Демонстрируется слайд 1.)

Слайд 1

Главное действующее лицо в комплексном ионе – **комплексообразователь**. Это положительный ион, имеющий свободные электронные орбитали. Под маской комплексообразователя могут быть следующие ионы:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ .

**Комплексообразователь**

Вакантные электронные орбитали

$\text{Cu}^{2+}$   
 $\text{Al}^{3+}$   
 $\text{Fe}^{3+}$   
 $\text{Cr}^{3+}$   
 $\text{Zn}^{2+}$

**Учитель.** Комплексообразователь обычно имеет положительный заряд, является d-элементом, проявляет амфотерные свойства, имеет координационное число 4 или 6. Вокруг комплексообразователя располагаются (координируются) молекулы или кислотные остатки – **лиганды (адденды)**.

Лиганды – частицы (молекулы или ионы), координируемые комплексообразователем и имеющие с ним непосредственно химические связи.

Лигандами могут быть: а) полярные молекулы  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ; б) простые ионы  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ; в) сложные ионы  $\text{CN}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{OH}^-$ .

Лиганды-ионы не связаны друг с другом, т.к. между ними действуют силы отталкивания. Когда лигандами являются молекулы, между ними возможно молекулярное взаимодействие. Координация лигандов около комплексообразователя – характерная черта комплексных соединений.

Анализируя координационные числа многих комплексных соединений, Вернер пришел к выводу, что заряд центрального иона (степень окисления) является

основным фактором, влияющим на координационное число (таблица).

Посмотрите на таблицу. Видно, что координационное число превышает степень окисления комплексообразователя (в скобках даны координационные числа, встречающиеся реже).

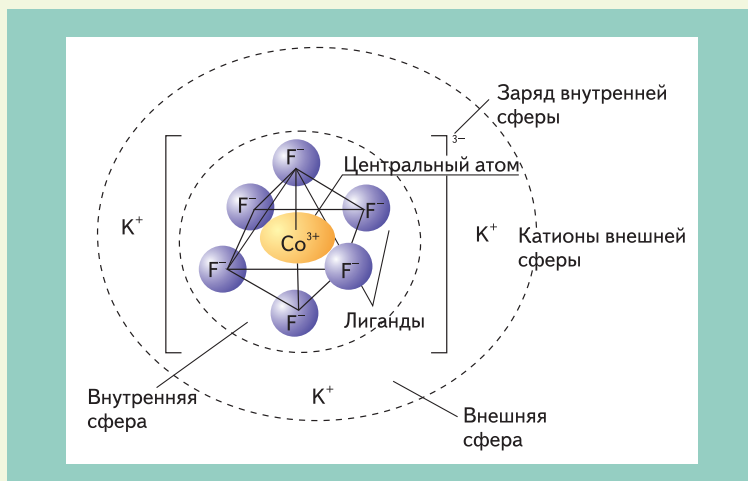
Таблица

Степень окисления комплексообразователя	Комплексообразователь	Координационное число
+1	Cu <sup>+</sup> , Ag <sup>+</sup> , Au <sup>+</sup>	2
+2	Cu <sup>2+</sup> , Hg <sup>2+</sup> , Sn <sup>2+</sup> , Pt <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup>	4 (6)
+3	Au <sup>3+</sup> , Al <sup>3+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Co <sup>3+</sup> , Cr <sup>3+</sup>	6 (4)
+4	Pt <sup>4+</sup> , Sn <sup>4+</sup>	8

На слайде 2 показано строение комплексного соединения K<sub>3</sub>[CoF<sub>6</sub>].

В квадратные скобки ставят собственно комплекс. Внутри скобок – внутренняя координационная сфера, а за скобками – внешняя.

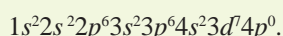
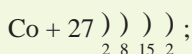
Слайд 2



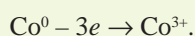
Образование комплексной соли с точки зрения современных представлений о строении и химической связи

**Учитель.** Рассмотрим комплексную соль [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]Cl<sub>3</sub> (рисует на доске).

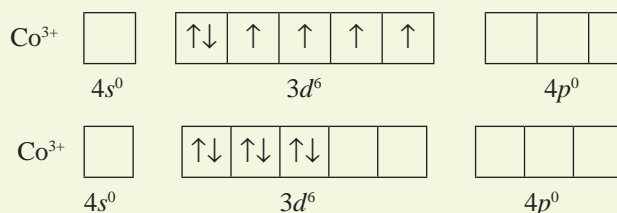
Строение атома кобальта: Co – d-элемент.



Атом кобальта отдает три электрона, образует ион:

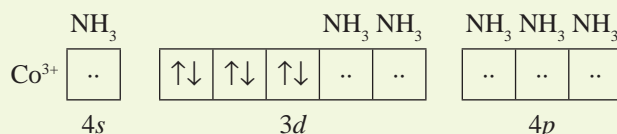


Ион кобальта будет иметь свободные орбитали. Для образования прочных связей внутри комплексного соединения происходит спаривание электронов на 3d-орбитали:



Свободные электронные ячейки Co<sup>3+</sup> являются вакансиями для неподделанных электронных пар азота в молекулах аммиака.

Между ионами Co<sup>3+</sup> и молекулами аммиака образуются химические связи по донорно-акцепторному механизму. Ионы Co<sup>3+</sup> – акцепторы электронных пар, а молекулы аммиака NH<sub>3</sub> являются донорами:



Связь между внешней и внутренней сферой имеет ионный характер.



### Номенклатура и классификация комплексных соединений

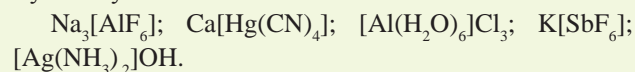
**Учитель.** Как правильно называть комплексные соединения? Посмотрите на слайд.

(Демонстрирует слайд 3.)

**Учитель.** А теперь посмотрим, как классифицируются комплексные соединения. (Демонстрирует слайд 4.)

#### Задание 1.

Дайте название комплексным соединениям. К какому классу их можно отнести?



**Ответ.** Гексафтороалюминат(III) натрия (анионный комплекс); тетрацианомеркурат(II) кальция (анионный комплекс); хлорид гексаакваалюминия(III) (катионный комплекс); гексафторостибат(V) калия (анионный комплекс); гидроксид диамминсеребра(I) (катионный комплекс).

Слайд 3

### Номенклатура комплексных соединений

#### Правила названия комплексных соединений.

1. Первым называют катион, затем анион; название комплекса пишут в одно слово.
2. В названии комплекса сначала перечисляют лиганды (по первым буквам русского алфавита), затем центральный атом.
3. Нейтральные лиганды называют без изменения; к названиям отрицательно заряженных лигандов прибавляют окончание *-о*.
4. Если одинаковых лигандов в комплексе несколько, перед их названием употребляют соответствующее греческое числительное.
5. Название комплексообразователя зависит от заряда комплекса.

5.1. Для нейтрального и катионного — именительный и родительный падежи соответственно (русское наименование элемента)

5.2. Для анионного комплексного — латинский язык (суффикс *-am*)

Слайд 4

### Комплексные соединения классифицируются

- по заряду комплексов: катионные —  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , анионные —  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$ , нейтральные —  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^0$ ;
- по составу и химическим свойствам: кислоты —  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$ , основания —  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ , соли —  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$ ;
- по типу лигандов: гидроксокомплексы —  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ , аквакомплексы —  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ , ацидокомплексы (лиганды — анионы кислот) —  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , комплексы смешанного типа —  $\text{K}[\text{Co}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}_4$ .

**Названия** комплексов строятся по общим правилам IUPAC:

- читаются и записываются справа налево;
- лиганды — с окончанием *-о*;
- комплексные анионы — с суффиксом *-am*;
- некоторые лиганды могут иметь особые названия, например, молекулы-лиганды  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_3$  называют соответственно аква- и аммин.

#### Задание 2.

Назовите соединение  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  и определите координационное число, заряд комплексообразователя, заряд комплексного иона.

*Ответ.* Сульфат тетраамминмеди(II);  
координационное число — 4;  
заряд комплексообразователя — +2;  
заряд комплексного иона — +2.

#### Задание 3. Задача на вывод формулы.

В состав одного комплексного соединения входят элементы: К (35,56 %), Fe (17,02 %), С (21,88 %) и N. Молярная масса вещества 329 г/моль. Выведите формулу соединения, назовите его.

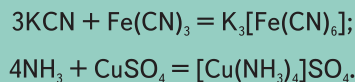
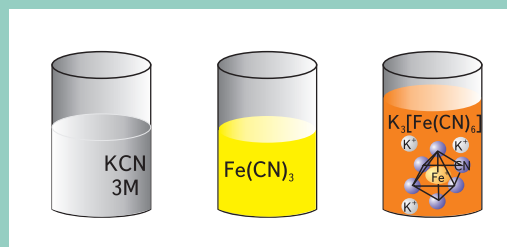
*Ответ.*  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , гексацианоферрат(III) калия.  
Учитель демонстрирует слайд 5.

Слайд 5

### Вывод:

комплексными называются химические соединения сложного состава, состоящие из центрального атома и лигандов, скоординированных вокруг центрального атома.

Комплексные соединения образуются из более простых.



### Получение комплексных соединений

**Учитель.** Вам по вариантам предлагается провести эксперимент по получению комплексных солей. Не забывайте о технике безопасности, внимательно читайте инструкцию, выводы записывайте в тетрадь.

#### В а р и а н т 1

##### Получение комплексного соединения меди

Получите осадок гидроксида меди(II) и прилейте к нему избыток концентрированного раствора аммиака.

*Задания для самостоятельных выводов (записать в тетрадь)*

Как изменился цвет при действии на осадок гидроксида меди(II) раствором аммиака? Как это объяснить? Составьте уравнение происходящей химической реакции и назовите полученное комплексное соединение.

**В а р и а н т 2**

**Получение комплексного соединения алюминия**

Налейте в пробирку 1-2 мл раствора хлорида алюминия. Затем к раствору постепенно добавьте концентрированный раствор гидроксида натрия до исчезновения осадка.

*Задания для самостоятельных выводов (записать в тетрадь)*

Почему вначале образовался осадок? Почему при избытке гидроксида натрия осадок исчез? Составьте уравнения происходящих реакций и назовите образовавшиеся вещества.

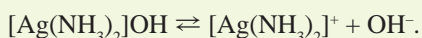
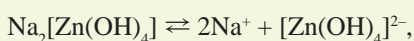
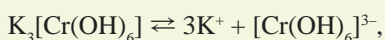
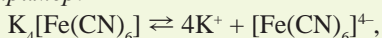
Учащиеся комментируют свои выводы.

**Свойства комплексных соединений**

Диссоциация (первичная) комплексных соединений

**Учитель.** Большинство комплексных соединений – электролиты, в водных растворах диссоциируют практически нацело на комплексный ион и ионы внешней сферы.

Например:



**Практическое применение комплексных соединений**

Комплексные соединения находят широкое применение:

- 1) в аналитической химии для определения многих ионов;
- 2) для разделения некоторых металлов (лантаноидов);
- 3) для получения металлов высокой степени чистоты (золота, серебра, никеля и др.);
- 4) в качестве красителей;
- 5) для устранения жесткости воды;
- 6) в качестве стимуляторов важных биохимических процессов.

**Учитель.** Вопрос к классу: Нильс Бор – датский физик, за создание теории строения атома в 1922 г. был награжден Нобелевской золотой медалью. Во время Второй мировой войны, когда немцы оккупировали Данию, он медаль уничтожил, чтобы она не досталась врагу. Каким способом он это сделал? Какое соединение при этом он получил?

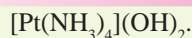
**Ученики.** Растворил в царской водке. Получил комплексную соль  $H[AuCl_4]$  – тетрахлороаурат(III) водорода (тетрахлороауратовая кислота).

После войны это комплексное соединение было восстановлено до металла, из которого снова изготовили медаль.

**Домашнее задание (на слайдах)**

**Задание 1.** На примере нескольких комплексных соединений определить структуру молекул (комплекссообразователь, координационное число, лиганды, внутреннюю и внешнюю сферы); дать название комплексу; записать уравнения электролитической диссоциации.

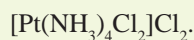
**ВАРИАНТ 1**



(Гидроксид тетраамминплатины(II).)

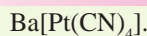


(Хлорид гексаамминкобальта(III).)

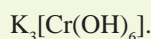


(Хлорид дихлоротетраамминплатины(IV).)

**ВАРИАНТ 2**



(Тетрацианоплатинат(II) бария.)

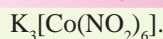


(Гексагидроксохромат(III) калия.)

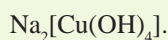


(Тетрахлороаурат(III) водорода.)

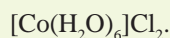
**ВАРИАНТ 3**



(Гексанитрокобальтат(III) калия.)



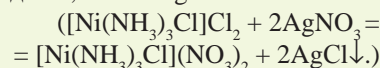
(Тетрагидроксокупрат(II) натрия.)



(Хлорид гексааквакобальта(II).)

**Задание 2** (сильным учащимся).

Составьте формулу комплексного соединения, если известно, что его молекула содержит ионы  $Ni^{3+}$ ,  $3Cl^-$ , а также три молекулы аммиака  $3NH_3$ . Известно, что при взаимодействии 0,1 моль этого вещества с избытком  $AgNO_3$  образуется осадок 0,2 моль  $AgCl$ .



**Подведение итогов урока, выставление оценок**

**Учитель.** Итак, ребята, мы сегодня узнали, что комплексные соединения составляют обширный и разнообразный класс неорганических веществ. Следует отметить, что успехи теоретической и прикладной химии за последние годы во многом связаны с изучением комплексных соединений.



УРОК-ЗАЧЕТ • 8 КЛАСС

# Химическая формула

Е.Н.ДАНИНА,  
учитель химии университетского многопрофильного лицея,  
г. Димитровград, Ульяновская обл.

Урок-зачет состоит из устного фронтального опроса, перемежающегося с письменными заданиями (самостоятельная работа), которые проверяются сразу после выполнения\*. Нумерация вопросов и заданий сквозная. Класс делится на шесть вариантов. Примерно посередине урока осуществляется работа в малых группах, а в конце урока – письменный экспресс-опрос (в виде теста).

### Цель.

Напомнить учащимся, что такое химическая формула и какую информацию можно из нее почерпнуть, а также прививать интерес к химии как к школьному предмету.

### ХОД УРОКА

#### Фронтальный опрос

1. Что такое химическая формула?

(О т в е т. *Химическая формула – это изображение состава вещества с помощью химических знаков и индексов.*)

2. На какие две группы можно разделить все вещества по строению?

(О т в е т. *Вещества можно разделить на вещества молекулярного и немолекулярного строения.*)

3. На какие группы можно разделить все вещества по составу?

(О т в е т. *Все вещества по составу можно разделить на простые и сложные.*)

4. Что такое простые вещества? Приведите примеры.

(О т в е т. *Простыми называют вещества, которые образованы атомами одного вида. Например: кислород, водород, сера, железо и др.*)

5. В каких предложениях слово «водород»

\* Проверка выполнения заданий будет осуществляться быстрее при использовании презентации к уроку (на прилагаемом к № 4/2011 компакт-диске). Помимо заданий и ответов к ним в презентации приведено содержание универсальных дидактических карточек, используемых на уроке. Гиперссылки («кнопки» на слайдах) позволяют вернуться непосредственно к нужным слайдам. – *Прим. ред.*

употреблено в значении простого вещества, а в каких слово «водород» означает химический элемент?

- а) Водород входит в состав кислот;
- б) при взаимодействии цинка с соляной кислотой выделяется водород;
- в) массовая доля водорода в метане больше массовой доли водорода в воде;
- г) воздушный шар был заполнен водородом.

(О т в е т. *Простое вещество: б, г; химический элемент: а, в.*)

6. Что такое сложные вещества?

(О т в е т. *Сложными называются вещества, которые образованы атомами разных видов. Например: вода, сульфид железа, поваренная соль, серная кислота и др.*)

7. Выберите из перечня простые вещества: железный купорос, сахар, сода, медь, кислород, железо, водород, поваренная соль, серебро, углекислый газ, вода.

(О т в е т. *Медь, кислород, железо, водород, серебро.*)

8. «Лишним» веществом является:

- а) алмаз, медь, кислород, озон, азот, вода, радон;
- б) алмаз, оксид серы, фосфорная кислота, оксид железа, углекислый газ, сода, вода.

(О т в е т. *Алмаз.*)

#### Самостоятельная работа

**Задание 1.** Выписать из своего варианта по универсальной дидактической карточке УДК 1 формулы простых веществ.

#### УДК 1. Формулы веществ

№ п/п	Варианты					
	I	II	III	IV	V	VI
1	H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub>	He
2	Fe	SO <sub>2</sub>	NaCl	O <sub>2</sub>	NaOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
3	CuSO <sub>4</sub>	I <sub>2</sub>	Zn	CO <sub>2</sub>	KNO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> Cl
4	Al(OH) <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
5	MgSiO <sub>3</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	KOH	CaBr <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub>
6	Br <sub>2</sub>	S	Cu	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Hg	Zn(OH) <sub>2</sub>
7	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Cr	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>

Проверка выполнения задания – в парах.

О т в е т ы

Вариант	I	II	III	IV	V	VI
Простые вещества	Fe, Br <sub>2</sub>	I <sub>2</sub> , S	H <sub>2</sub> , Zn, Cu	O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub> , Hg, Cr	He

### Фронтальный опрос

9. H<sub>2</sub>O – какое это вещество? Почему?

(О т в е т. Сложное, т.к. состоит из атомов двух видов: кислорода и водорода.)

10. Какую информацию о веществе дает химическая формула?

(О т в е т. По химической формуле можно определить: название вещества\*, качественный состав (из каких атомов состоит данное вещество); количественный состав (сколько атомов каждого элемента входит в состав данного вещества), относительную молекулярную массу вещества; в каких массовых соотношениях находятся элементы в соединении.)

### Самостоятельная работа

**З а д а н и е 2.** Дать характеристику веществам из УДК 1, строка 4 по плану:

- вещество по составу (простое или сложное);
- качественный состав;
- количественный состав.

Проверка выполнения задания – в парах.

О т в е т ы

Вариант	I	II	III
Характеристика вещества	а) Сложное; б) Al, O, H; в) 1Al, 3O, 3H	а) Сложное; б) Cr, O; в) 2Cr, 3O	а) Сложное; б) Al, S, O; в) 2Al, 3S, 12O
Вариант	IV	V	VI
Характеристика вещества	а) Сложное; б) H, P, O; в) 3H, 1P, 4O	а) Сложное; б) C, H, O; в) 12C, 22H, 11O	а) Сложное; б) C, H; в) 6C, 6H

### Фронтальный опрос

11. Как называются сложные вещества, состоящие из двух элементов, один из которых кислород?

(О т в е т. Оксиды.)

### Самостоятельная работа

**З а д а н и е 3.** Составьте формулу оксида по УДК 2, 2-я строка. Кто быстро справился со своим задани-

\* Для определения названия вещества по его формуле, предварительно необходимо выучить соответствующие правила. – Прим. ред.

ем, тот выполняет дополнительное – 2-я строка, VII вариант.

### УДК 2. Знаки химических элементов

№ п/п	Варианты						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	Al	Ba	Mn	O	Zn	He	Au
2	Na	Fe	K	Si	P	Ni	Se
3	Ca	Cu	N	Mg	Li	As	Rb
4	Cl	H	B	Hg	Ag	Ar	Co
5	C	Br	Cr	I	Pb	Se	Ne

Проверка выполнения задания – в парах.

О т в е т ы

Вариант	I	II	III	
Формула оксида	Na <sub>2</sub> O	FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	
Вариант	IV	V	VI	VII
Формула оксида	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NiO	SeO <sub>2</sub>

### Работа в малых группах

Отработка понятий по следующим вопросам.

- Что такое химическая формула?
- Что такое оксиды?
- Что такое простые вещества?
- Что такое сложные вещества?

### Фронтальный опрос

12. Как обозначается относительная атомная масса?

(О т в е т. A<sub>r</sub>.)

Установите соответствие значений относительных атомных масс и названий элементов.

A <sub>r</sub>	Название элемента
1) 40.	а) Фосфор.
2) 108.	б) Кальций.
3) 31.	в) Кислород.
	г) Серебро.
	д) Азот.
	е) Магний.

(О т в е т. 1 – б; 2 – г; 3 – а.)

### Самостоятельная работа

**З а д а н и е 4.** Определите относительную атомную массу элемента из УДК 2, 2-я строка.

Проверка выполнения задания – в парах.

О т в е т ы

Вариант	I	II	III	IV	V	VI	VII
A <sub>r</sub>	22,99	55,85	39,10	28,08	30,97	58,69	78,96

**Фронтальный опрос**

**13.** Как обозначается относительная молекулярная масса?

(О т в е т.  $M_r$ .)

Установите соответствие формулы вещества  $CO_2$  и записи расчета его относительной молекулярной массы:

- а)  $12 + 16$ ; б)  $12 \cdot 1 + 16 \cdot 3$ ; в)  $12 \cdot 1 + 16 \cdot 2$ .

(О т в е т. в.)

**Самостоятельная работа**

**Задание 5.** Определите относительную молекулярную массу вещества из УДК 1, 4-я строка.

Проверка выполнения задания – в парах.

**О т в е т ы**

Вариант	I	II	III	IV	V	VI
$M_r$	78	152	342	98	342	78

**Фронтальный опрос**

**14.** Как можно рассчитать массовую долю элементов в веществе?

(О т в е т. Пусть  $A_xB_y$  – формула бинарного соединения в общем виде, тогда

$$M_r(A_xB_y) = A_r(A) \cdot x + A_r(B) \cdot y,$$

где  $M_r(A_xB_y)$  – молекулярная масса этого соединения,  $A_r(A)$  – атомная масса элемента А,  $A_r(B)$  – атомная масса элемента В,  $x$  и  $y$  – индексы соответствующих элементов в соединении.)

Массовая доля элемента ( $\omega$ ), показывает, какую часть (долю) составляет масса данного элемента от всей массы вещества. Выражается в долях от единицы или процентах.

$$\omega(A) = \frac{A_r(A) \cdot x}{M_r(A_xB_y)}, \text{ или } \omega(A) = \frac{A_r(A) \cdot x}{M_r(A_xB_y)} \cdot 100 \%;$$

$$\omega(B) = \frac{A_r(B) \cdot y}{M_r(A_xB_y)}, \text{ или } \omega(B) = \frac{A_r(B) \cdot y}{M_r(A_xB_y)} \cdot 100 \%.)$$

**Самостоятельная работа**

**Задание 6.** Рассчитайте массовую долю (в %) первого элемента в формуле по УДК 1, 4-я строка.

Проверка выполнения задания – в парах.

**О т в е т ы**

Вариант	I	II	III	IV	V	VI
$\omega, \%$	34,61	68,42	15,79	3,06	42,10	92,31

**Фронтальный опрос**

**15.** В чем измеряется количество вещества?

(О т в е т. В молях.)

**16.** По какой формуле можно рассчитать массу вещества?

(О т в е т.  $m = \nu \cdot M_r$ .)

**17.** По какой формуле можно рассчитать массовые отношения элементов в веществе?

(О т в е т. Для вещества  $A_xB_y$   
 $m(A) : m(B) = xA_r(A) : yA_r(B)$ .)

**Самостоятельная работа**

**Задание 7.** Определите массу двух молей вещества по УДК 1, 4-я строка.

Проверка выполнения задания – в парах.

**О т в е т ы**

Вариант	I	II	III	IV	V	VI
Масса, г	156	304	684	196	684	156

**Задание 8.** Определите массовые отношения элементов в веществе по УДК 1, 4-я строка.

Проверка выполнения задания – в парах.

**О т в е т ы**

Вариант	I	II	III
Массовые отношения	9 : 16 : 1	2,16 : 1	1 : 1,77 : 3,55
Вариант	IV	V	VI
Массовые отношения	1 : 10,3 : 21,3	6,54:1:8	12:1

**Письменный экспресс-опрос**

**В а р и а н т 1**

- Валентность – это свойство:
  - простого вещества;
  - химического элемента;
  - молекулы.
- Как обозначается величина «относительная молекулярная масса»?
  - $M_r$ ; б)  $M$ ; в)  $m$ .
- Валентность водорода равна:
  - III; б) II; в) I.
- Три молекулы кислорода записывают как:
  - 3O; б) 3N<sub>2</sub>; в) 3O<sub>2</sub>.
- Что означает формула CO<sub>2</sub>?
  - Оксид кислорода(II);
  - оксид углерода(IV);
  - оксид серы(IV).
- Химическая формула показывает:
  - качественный и количественный состав;
  - только качественный состав;
  - только количественный состав.
- Из перечня выберите формулу оксида азота(IV):
  - N<sub>2</sub>O; б) NO<sub>2</sub>; в) N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**В а р и а н т 2**

1. Валентность:
  - а) имеет только целочисленные значения;
  - б) может иметь дробное значение;
  - в) может быть равна десяти.
2. Валентность кислорода равна:
  - а) I; б) II; в) IV.
3. Как обозначается величина «молекулярная масса»?
  - а)  $M$ ; б)  $M_r$ ; в)  $m$ .
4. Три молекулы водорода записываются как:
  - а)  $3\text{H}$ ; б)  $3\text{H}_2$ ; в)  $3\text{O}_2$ .
5. Что означает формула  $\text{SO}_2$ ?
  - а) оксид серы(II);
  - б) оксид серы(IV);
  - в) оксид серы(VI).
6. Бинарные соединения состоят из:
  - а) двух элементов;
  - б) одного элемента;
  - в) трех элементов.
7. Из перечня выберите формулу оксида марганца(VII):
  - а)  $\text{MnO}_2$ ; б)  $\text{MnO}$ ; в)  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .

Проверка выполнения задания – в парах.

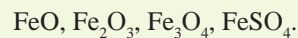
**О т в е т ы**

№ п/п	Вариант	
	1	2
1	б	а
2	а	б
3	в	а
4	в	б
5	б	б
6	а	а
7	б	в

**Подведение итогов**

**Домашнее задание**

В каком из перечисленных ниже веществ массовая доля кислорода больше?



Ответ подтвердите расчетами.

**ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ**

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ УРОК ПО ХИМИИ И ГЕОГРАФИИ • 8 КЛАСС

# Химическая география солей

И.В.ШАНЦЕВ, учитель химии;  
 А.А.ЗНАТНОВА, учитель географии МОУ «Ягринская гимназия», г. Северодвинск, Архангельская обл.

В условиях создания «новой школы» большое внимание уделяется поиску новых форм уроков, новым способам и методам их проведения. Интеграционная форма проведения уроков, несмотря на то, что она известна давно, на наш взгляд, является актуальной и сегодня. Преимущества интегрированного урока очевидны: снижаются перегрузки, активизируется познавательная деятельность учащихся. Такие уроки способствуют гармоничному развитию личности школьника, убеждают его в необходимости приобретения знаний, показывают разные области их применения. Использование информационных и компьютерных технологий позволяет расширить горизонты интеграции различных предметов современной школы, формированию ключевых компетенций обучающихся.

**Цели.**

*Образовательные:* закрепить знания о номенклатуре солей, изучить их химические свойства, а также географию месторождений, применение и историю солеварения в Архангельской области.

*Развивающие:* продолжить совершенствование речи учащихся, а также навыков исследования химических

свойств веществ, подготовки презентаций, заполнения таблиц, работы с текстом и контурной картой; развивать познавательный интерес к изучаемым предметам (с помощью химического эксперимента, творческих заданий и использования регионального компонента).

*Воспитательные:* продолжить формирование научного мировоззрения (значение и единство наук о

природе), коммуникативных умений; прививать любовь к родному краю.

### Оборудование и реактивы.

Плазменная панель, компьютер, презентации: «Химическая география солей»\*, «Озеро Баскунчак».

(Презентации размещены на сайте гимназии: [www.ygim31.narod.ru](http://www.ygim31.narod.ru).)

На демонстрационном столе: набор реактивов (оксиды, кислоты, основания, соли), прибор для получения углекислого газа, известковая вода, коллекция «Карбонаты», минерал галит.

На столах учащихся: контурные карты, тест; растворы  $\text{HCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ .

Материал рассчитан на сдвоенный урок 2 • 45 мин.

## ХОД УРОКА

### I. Организационный момент

### II. Повторение

**Задание 1.** Прочитать формулы и тривиальные названия солей и дать им названия, рекомендуемые правилами международной номенклатуры (ИЮПАК):

$\text{KNO}_3$  – калийная селитра,  $\text{NaCl}$  – поваренная соль,  $\text{AgNO}_3$  – ляпис,  $\text{BaSO}_4$  – белила баритовые,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  – норвежская селитра,  $\text{HgCl}_2$  – сулема,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  – поташ.

(Фронтальная работа с классом; тривиальные названия, формулы и названия по ИЮПАК последовательно выводятся на экран.)

**Задание 2.** Найти соли среди реактивов, выставленных на демонстрационном столе, и дать им названия. (Ответ ученика у доски.)

**Задание 3.** Повторяем понятия: литосфера, литосферная плита, минерал, сейсмический пояс, осадочные породы, метаморфические породы, рифтовая зона. (Фронтальная работа с классом; названия понятий выводятся на экран.)

### III. Изучение нового материала

**Учитель химии.** Изучение нового материала мы начинаем с рассмотрения общих химических свойств солей. Сейчас вы выполните лабораторные опыты с теми реактивами, которые у вас на столах, и заполните таблицу в тетрадях (табл. 1). Какие правила техники безопасности мы используем при работе с растворами веществ?

Учащиеся повторяют правила техники безопасности, проводят опыты, заполняют таблицу и делают по ней вывод.

**Учитель химии.** Назовите самую популярную в обиходной жизни соль. Да, это поваренная соль, или хлорид натрия. Прослушайте стихотворение, и отметьте значение поваренной соли для человека.

\* Презентация к этой теме представлена на компакт-диске, прилагаемом (для наших подписчиков) к № 4/2011.



Фото авторов

Выполнение лабораторных опытов и заполнение таблицы в тетрадях

Таблица 1

#### Общие химические свойства солей

Вещества, с которыми реагируют соли	Примеры уравнений реакций
1. Кислоты (образуются новая соль и новая кислота)	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3$ ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ )
2. Щелочи (образуются новая соль и нерастворимое основание)	$3\text{NaOH} + \text{FeCl}_3 = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaCl}$
3. Соли (образуются новые соли)	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$
4. Металлы (образуются новая соль и металл)	$\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$

**Ученики** (наизусть читают стихотворение о поваренной соли).

*Я соль поваренную славлю!*

*Да, это натрия хлорид.*

*Ее на пьедестал я ставлю*

*Не только за приятный вид.*

•  
*Насыщен ею повсеместно*

*Океанический бассейн.*

*Следы ее и в водах пресных,*

*Таких, как реки Нил и Рейн,*

*Конечно, и в озерах тоже*

*Найти мы, безусловно, сможем.*

•  
*Прекрасный на Руси обычай:*

*Гостеприимно хлеб да соль*

*Хозяева подносят лично,*

*Гость в доме появился коль.*

*И до сих пор на наших свадьбах*

*Так поступают сват и сватья.*

•  
 А вот еще и мудрость есть:  
 Чтоб хорошо узнать кого-то,  
 С ним должен ты пуд соли съесть.  
 Немалый срок – почти два года  
 Займет такой эксперимент  
 Средь будней, праздников и бед.

•  
 Такую с детства знаю сказку:

Свою любовь к отцу и ласку  
 Сравнила дочь с любовью к соли,  
 Но он воспринял это с болью.

Отца сравненья возмутило –  
 Лишил он дочь родного крова.  
 Собрав все мужество и силы  
 И не сказав дурного слова,  
 Ушла куда глаза глядят...

Лишь много времени спустя,  
 Лишенный своего богатства,  
 По свету странствуя, старик,  
 Любуясь на хором убранство,  
 К крыльцу парадному приник.

Не знал он, что хозяйка дома  
 Была его родная дочь.  
 Ему накрыли стол дубовый,  
 Поестъ же был старик не прочь.

Но что ни пробовал – невкусно.  
 Тогда-то дочь сказала грустно:  
 «В еду я соль не положила –  
 Так объяснить тебе решила  
 Свое сравнение в любви...»  
 Отец в слезах шептал: «Прости...»

•  
 В народе есть еще примета:  
 Просыпешь соль – и быть скандалу.  
 Ну почему, скажите, это?  
 Ответ в истории сыскала.

Когда-то денежною мерой  
 Была поваренная соль;  
 Добытчик-муж ругался скверно  
 С домохозяйкою женой,  
 Когда за суетой случалось,  
 Что соль по полу рассыпалась.

Да, мерой денег соль была –  
 Свидетельствуют очевидцы –  
 И на обмен в торговле шла,  
 Стран будоражила границы.

Катились бунты соляные по России,  
 Когда на соль налоги повышались;  
 Народы войны страшные косили –  
 Так из-за соли страсти разгорались...

•  
 Вопрос, чем вызван вечный к соли интерес,  
 Помог решить технический прогресс.

Кровь наша чуть соленая на вкус –  
 Содержится в ней натрия хлорид;

В межклеточном пространстве  
 натрий плюс  
 Давленье осмоса для клеток  
 сохранит.

Хлорида ионы царствуют в желудке,  
 Чтобы запас соляной кислоты  
 Нам обеспечить, – это же не шутки –  
 Белковой пищи расщеплять хвосты.

•  
 Во взрослом человеке содержание  
 Хлорида натрия примерно граммов триста,  
 Но так как есть процессы вымывания,  
 Мы пополняем солью организмы.

И важно пищу не пересолить –  
 Избыток соли может навредить.  
 Лишь десять граммов нам  
 достаточно, не боле,  
 Поваренной съесть за сутки соли.

В хозяйстве истари использовали соль:  
 Крестьянин ли, рабочий ли, король –  
 Любой к огурчикам питает слабость,  
 Хозяйкой засоленным на радость;  
 И даже мясо можно сохранить –  
 Достаточно его лишь засолить.

Но соль нужна не только  
 для питания,  
 Ее используют для получения  
 натрия,

И хлора, натра едкого и соды,  
 И медицины ей открыты своды,  
 Она и в технике находит

примененье –  
 Столь велико ее предназначенье!

Так будь же славен, натрия хлорид!  
 Вполне заслуженно ты в мире знаменит!

Учитель химии (выводит на экран таблицу «Солевой состав морской воды», табл. 2). В морской воде содержатся различные соли, но больше всего хлорида натрия.

Таблица 2

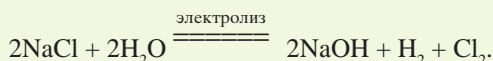
Солевой состав морской воды  
 (основные компоненты)

Формула соли	Содержание, ‰
NaCl	23,476
MgCl <sub>2</sub>	4,981
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,917
CaCl <sub>2</sub>	1,102
KCl	0,664
NaHCO <sub>3</sub>	0,192

Хлорид натрия образует мощные отложения каменной соли – галита – во многих местах земного шара. (Демонстрация галита из коллекции.)

Поваренная соль необходима для производства пищевой соды, кальцинированной соды, едкого натра, водорода.

На экран выводятся уравнения реакций:



**Учитель географии.** *Край, в котором мы живем, сыграл огромную роль в развитии соляной промышленности Русского государства. С XI в. одновременно с рыболовством и добычей морского зверя на севере стало развиваться солеварение. Зародилось оно в посаде Ненокса (80 км от Архангельска) и городах Тотьма и Ледеченск (район реки Сухона).*

*Ко второй половине XV в. на Севере уже существовало промышленное солеварение. К XVI в. наибольшее количество варниц находилось в собственности монастырей (Соловецкий монастырь – 54 варницы).*

*Первоначально соль вываривалась из морской воды на соляных варницах, расположенных на побережье Белого моря. Такую соль называли «морянкю». Позже научились добывать соль из соляных источников и ключей. Эта соль ценилась выше, т.к. содержала меньше примесей и называлась «ключевкой». Крупными центрами солеварения в это время являлись Сольвычегодск и Тотьма.*

*Технология добычи соли была такова: рассол (насыщенная минералами вода) на морском побережье брали с лиманов, а в районах Сольвычегодска и Тотьмы – из колодцев или пробуренных скважин. Варочное помещение представляло собой избу. Внутри нее рыли яму, которую обкладывали камнями и глиной. Она и служила варочной печью, заполнявшейся дровами. Над ямой подвешивали чрен (огромную сковородку) объемом до 200 м<sup>3</sup>, который заполняли рассолом. Кипятили рассол до 30 часов. При медленном нагревании в осадок сначала выпадали соли кальция, магния и других примесей. Поэтому выварочная соль, поваренная, всегда была чище исходного рассола.*

*Варницы поглощали огромное количество дров. Труд солеваров был очень тяжелый и вредный для здоровья.*

*Интенсивная эксплуатация соляных источников быстро привела к их истощению.*

*В начале XVIII в. промышленники переключили свои интересы на Пермские вотчины.*

*А сейчас вы выполните практическую работу «Основные соляные объекты России».*

Учащиеся выполняют практическую работу по географии на контурных картах России.

Для проведения работы используется презентация. Пока остальные учащиеся наносят объект на карту, ученик у доски дает его краткую характеристику.



Фото авторов

Ученица представляет материал для практической работы по теме «Основные соляные объекты России»

### Объекты для практической работы

\* **Пермь** (Пермский край) 57° с.ш. 55° в.д.

**Ученик.** *Пермский край издавна славился запасами соли. В 2006 г. в Перми установлен памятник – «Пермяк – соленые уши».*

*Считалось, что, когда переносят мешки с солью, соль попадает в уши, и они становятся большими.*

\* **Березники** (Пермский край) 58° с.ш. 56° в.д.

**Ученик.** *Город знаменит тем, что на химических предприятиях города производятся калийные удобрения.*

\* **Соликамск** (Пермский край) 59° с.ш. 56° в.д.

**Ученик.** *В 2010 г. город отмечает 580-летие, и в этом же году он признан соляной столицей России. Также там находится самый старый солеваренный завод страны.*

\* **Соль-Илецк** (Оренбургская область) 51° с.ш. 54° в.д.

**Ученик.** *Соль (хлорид натрия), добытая в Илецком месторождении, является одной из самых чистых солей. В год месторождение дает около 600 тыс. т NaCl высшего качества.*

\* **Усолье-Сибирское** (Иркутская обл.) 52° с.ш. 103° в.д.

**Ученик.** *Соль добывается шахтным способом. Запасы Усольского месторождения оценивают в 40 млрд тонн.*

\* **Озеро Эльтон** (Волгоградская обл.) 49° с.ш. 47° в.д.

**Ученик.** *На озере Эльтон в XVIII в. добывалась розовая соль с нежным запахом, напоминающая запах фиалки, называлась эта соль «Царская» и вошла в моду при дворе Екатерины II. Розовая окраска соли связана с включением мелких водорослей, окрашенных каротином в красный или розовый цвет.*

\* **Сольвычегодск** (Архангельская обл.) 62° с.ш. 47° в.д.

**Ученик.** *Столица солеваров севера и просто маленький уютный город, расположенный на берегу реки*

*Выгода на юге Архангельской области. Сегодня это один из главных соляных курортов области.*

После практической работы учащийся показывает свою презентацию: «Озеро Баскунчак».

**Учитель химии.** *А теперь вернемся снова к химии. Формула  $\text{CaCO}_3$  отражает основной состав минерального кальциевого сырья – мела, мрамора, известняка.*

*Мел используют как полировочный материал, для получения минеральных красок, изготовления зубного порошка и паст. Мрамор применяют в строительстве, а также для изготовления скульптур. Известняк – строительный камень и сырье для производства извести и цемента. В нашей области работает Савинский цементный завод, использующий известняк Савинского месторождения, а также и Савинскую глину. Среди семейства кальциевых минералов есть и драгоценный камень (биологического происхождения) – жемчуг. И огромные залежи известняков, и меловые горы, и месторождения мрамора образовались с участием живых организмов. В образцах минералов можно встретить остатки организмов, строивших свои скелеты и панцири из карбоната кальция. Моря отступали, сдвиги земной коры поднимали пласты, и возникали горы.*

*Ушли моря, и обнажились,  
Как камень, прочные пласты.*

*И в них как цементом схватились*

*Скелеты, панцири, щиты,*

*Остатки раковин, моллюсков,*

*Кораллов каменный скелет*

*На дне морей скопился густо,*

*Слежавшись за миллионы лет.*

*Теперь из камня редко строят,*

*А обжигают известняк.*

*Из жженой извести готовят*

*Строительных растворов ряд.*

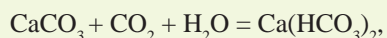
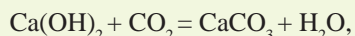
*Каменотес мог им гордиться.*

*Любимый камень прежних лет.*

*И белокаменной столицей*

*Москва слыла за камня цвет.*

Учитель химии показывает демонстрационный опыт: получение карбоната кальция, превращение его сначала в гидрокарбонат, затем обратно в карбонат; уравнения протекающих реакций выводятся на экран.



**Учитель химии.** *Ветер, влага и углекислый газ разрушают известняковые горы и открывают возможность кальцию странствовать по нашей планете.*

*В результате длительного, идущего тысячелетиями процесса растворения и размывания горных пород в них образуются естественные пустоты: провалы, системы подземных ходов.*

*Растворимые гидрокарбонаты переносятся природными водами, легко разрушаются при испарении воды, и в пустотах образуются удивительные формы: сталактиты и сталагмиты.*

**Учитель географии.** *Пещеры – одно из уникальных природных явлений. Вода, попадающая в пещеру, несет с собой растворенную известь. Когда капля повисает на потолке пещеры, известь снова выделяется в виде осадка. Постепенно здесь образуются целые известковые «сосульки» – сталактиты. На полу вырастают известковые «столбики» – сталагмиты. Различные примеси окрашивают эти «сосульки» и «столбики» в оранжевый, красный, коричневый цвета, и тогда пещеры начинают походить на фантастический подземный замок. Так соли «падают в историю». А сейчас выслушаем сообщение ученика о роли солей в истории России.*

**Ученик.** *В первый год Великой Отечественной войны химическая отрасль промышленности понесла большие потери, т.к. основные предприятия и сырьевая база находились на захваченной врагом территории. Потребовалось немедленно переместить крупные предприятия на восток страны (на Урал, в Сибирь, Казахстан, Поволжье).*

*Ученые решали вопросы замены привычного сырья тем, которое было в наличии, а это требовало изменения технологии производства в кратчайшие сроки.*

*Были использованы соляные озера северного побережья Аральского моря, и на Актюбинском химическом заводе налажено производство соды. Были созданы методы получения соды из золы саксаула. Потребителями соды являются многие отрасли промышленности, кроме того, она применяется при стирке белья, варке мыла.*

*После потери месторождений мела в Белгородской области производство резины лишилось наполнителя, но и в этом случае наладили добычу мела в Казахстане.*

*Из сильвинитов Туркменской республики стали получать бертолетову соль. Бутылки с горючей смесью – «зажигательные бутылки» – изготавливали с использованием этой соли: в обыкновенную стеклянную бутылку заливали керосин или масло. С помощью резинки укрепляли ампулы, содержащие бертолетову соль, концентрированную серную кислоту, сахарную пудру. При ударе о броню бутылка разбивалась, компоненты вступали в реакцию, и горючее воспламенялось.*

**Учитель географии.** *Вернемся в то место, где мы живем. Прочтите статью из учебного пособия «География Архангельской области» и заполните таблицу (табл. 3).*



Таблица 3

Соли Архангельской области

Названия солей	Месторождения	Применение
Флюорит		
Карбонатные породы		
Гипсоносные породы		
Рассолы		
Минеральные воды		

После проверки заполнения таблицы учитель химии предлагает учащимся ответить на вопросы теста и показать знания классификации и свойств основных классов неорганических соединений.

ВАРИАНТ 1

Выберите правильный вариант ответа.

**A1.** Степень окисления азота в  $\text{HNO}_3$ :

- а) +3; б) +5; в) -3; г) -5.

**A2.** Формула нерастворимого основания:

- а)  $\text{MgO}$ ; б)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; в)  $\text{NaOH}$ ; г)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ .

**A3.** Формула сульфита натрия:

- а)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; б)  $\text{Na}_2\text{S}$ ; в)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ; г)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .

**A4.** В растворе гидроксида бария фенолфталеин:

- а) станет синим; б) станет малиновым; в) станет желтым; г) не изменит окраску.

**A5.** Формула кислой соли:

- а)  $\text{NaHS}$ ; б)  $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$ ; в)  $\text{HNO}_3$ ; г)  $\text{CuSO}_4$ .

**B1.** Установите соответствие между названием вещества и классом веществ, к которому оно принадлежит.

Название вещества	Класс веществ
1) Гидроксид железа(III).	а) Соль.
2) Оксид серы(IV).	б) Основание.
3) Хлорид бария.	в) Основной оксид.
4) Сульфат калия.	г) Кислотный оксид.
	д) Кислота.

**B2.** Установите соответствие между исходными веществами и продуктами реакции.

Исходные вещества	Продукты реакции
1) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{SO}_3 \rightarrow \dots$	а) $\text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$ .
2) $\text{BaCO}_3 + \text{SO}_3 \rightarrow \dots$	б) $\text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
3) $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$	в) $\text{BaSO}_4 + \text{CO}_2$ .
4) $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$	г) $\text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$ .
	д) $2\text{BaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

**О т в е т ы.** A1 – б; A2 – б; A3 – в; A4 – б; A5 – а.  
B1: 1б, 2г, 3а, 4а; B2: 1б, 2в, 3а, 4г.

ВАРИАНТ 2

Выберите правильный вариант ответа.

**A1.** Степень окисления азота в  $\text{HNO}_2$ :

- а) +3; б) +5; в) -3; г) -5.

**A2.** Формула нерастворимого основания:

- а)  $\text{CuO}$ ; б)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ; в)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; г)  $\text{KOH}$ .

**A3.** Формула сульфида натрия:

- а)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; б)  $\text{Na}_2\text{S}$ ; в)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ; г)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .

**A4.** В растворе гидроксида бария лакмус:

- а) станет синим; б) станет малиновым; в) станет желтым; г) не изменит окраску.

**A5.** Формула кислой соли:

- а)  $\text{KHS}$ ; б)  $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$ ; в)  $\text{HNO}_3$ ; г)  $\text{CuSO}_4$ .

**B1.** Установите соответствие между названием вещества и классом веществ, к которому оно принадлежит.

Название вещества	Класс веществ
1) Сульфит натрия.	а) Соль.
2) Оксид фосфора(V).	б) Основание.
3) Гидроксид кальция.	в) Основной оксид.
4) Оксид бария.	г) Кислотный оксид.
	д) Кислота.

**B2.** Установите соответствие между исходными веществами и продуктами реакции.

Исходные вещества	Продукты реакции
1) $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \dots$	а) $2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ .
2) $2\text{KClO}_3 \rightarrow \dots$	б) $2\text{KCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
3) $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots$	в) $\text{KOH} + \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
4) $2\text{KOH} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \dots$	г) $\text{BaCO}_3 + 2\text{KCl}$ .
	д) $2\text{KCl} + \text{Cu}(\text{OH})_2$ .

**О т в е т ы.** A1 – а; A2 – в; A3 – б; A4 – а; A5 – а.  
B1: 1а, 2г, 3б, 4в; B2: 1б, 2а, 3г, 4д.

IV. Закрепление изученного материала

Проводится в форме фронтального опроса по основному содержанию урока.

V. Домашнее задание

По учебнику: *Габриелян О.С.* Химия. 8 класс (М.: Дрофа, 2008), § 41, с. 223–225; упр. 2 (а, б, в).

ЛИТЕРАТУРА

*Габриелян О.С.* Химия. 8 класс. М.: Дрофа, 2008; География Архангельской области: Учебное пособие для учащихся 8–9 классов общеобразовательной школы. Под ред. Н.М.Бызовой, Я.К.Преминой. М.: Спорт АкадемПресс, 2001; Экономика Архангельского Севера. Поморская энциклопедия. Т.3. Гл. ред. О.М.Соколов. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2006; *Пурмаль А.П., Цирельников В.И.* Рожденные электричеством. М.: Просвещение, 1983; *Хачатрян И.Н.* Неисчерпаемое море солей. Химия в школе, 2001, № 1.

УРОК ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ (ПРИРОДОВЕДЕНИЯ) В НАЧАЛЬНЫХ КЛАССАХ

# Знакомство с периодической системой

О.Э.АНАЦКО,  
учитель химии  
гимназии № 399,  
г. Санкт-Петербург

Предлагаю вашему вниманию разработку урока, который я провожу каждый год в апреле в младших классах. Данный урок является логическим продолжением уроков «Тела и вещества» и «Физические и химические явления».

Учащиеся начальных классов на уроках окружающего мира знакомятся с названиями различных элементов и простых веществ, например металлами, и в результате имеют представление о достаточно большом круге веществ. Поэтому появляется возможность привести эти знания в определенную систему, начать формирование у учащихся таких понятий, как «химический элемент» и «простое вещество». С этими понятиями ученики встретятся уже в 5-м классе на уроках природоведения.

## Цели урока.

Дать понятие о химическом элементе, простом веществе, сложном веществе; начать формировать умения находить различия между понятиями «химический элемент» и «простое вещество»; актуализировать знания о металлах и других химических элементах.

## Оборудование.

Различные предметы химической посуды (пробирки, колбы, выпаривательные чашки и т.д.), алюминиевая проволока и различные предметы из алюминия (ложки), медная и железная проволоки.

Урок сопровождается электронной презентацией (см. компакт-диск к № 4/2011). Каждый учащийся работает по специально составленному рабочему листу (схема).

## Рабочий лист для учащегося

Схема

**Знакомство с периодической системой элементов**

**Химический элемент — это**

---



---



---



---



## ХОД УРОКА

## Актуализация ранее полученных знаний

Поскольку этот урок является третьим в серии уроков, то в его начале вспоминаем некоторые ранее изученные моменты: химия, понятия «тело» и «вещество», некоторые приемы техники безопасности при работе в кабинете химии. В ходе беседы учитель просит учащихся привести примеры тел, сделанных из разных веществ, веществ, из которых можно сделать различные тела; вспомнить, что существует большое разнообразие веществ.

Этот этап можно проиллюстрировать демонстрацией одинаковых тел, сделанных из разных веществ, например химические стаканы или воронки, изготовленные из пластика, стекла и фарфора.

В конце данного этапа урока учитель поясняет ребятам, что сегодня они будут более подробно изучать вещество и знакомиться с периодической таблицей элементов.

## Изучение нового материала

Этот этап урока строится в форме беседы, иллюстрируемой электронной презентацией. По ходу беседы учащиеся заполняют рабочий лист.

## 1. Понятие «атом».

**Учитель.** *Первый вопрос: из чего состоят вещества?*

Учащиеся отвечают, что вещества состоят из частиц.

**Учитель.** *Таким образом, можно записать следующую схему: тела образованы веществами, а вещества состоят из частиц (демонстрирует слайд 1):*

Слайд 1



*Наименьшие частицы веществ называются **атомами**.*

Учащиеся записывают схему в рабочий листок.

**Учитель.** *Приведем примеры.* (Показывает ученикам алюминиевую ложку.)

*Например, тело – алюминиевая ложка – сделано из вещества алюминия, а вещество алюминий состоит из атомов алюминия (посмотрите на слайд).*

*А медная проволока сделана из вещества меди, которое образовано атомами меди (демонстрирует слайд 2).*

Слайд 2



*Все вещества образованы частицами, наименьшие из которых – атомы.*

## 2. Понятие «химический элемент».

**Учитель.** *Все ли атомы в природе одинаковы?*

**Учащиеся.** *Нет.*

**Учитель.** *Сколько видов атомов существует?*

Учащиеся высказывают свои предположения, обычно число варьируется от 10 до миллиона. Далее учитель поясняет, что на данный момент известно 112 видов атомов, все они имеют названия. Каждый вид атома отличается от другого массой и размером и называется химическим элементом.

Определение химического элемента ученики записывают на рабочий лист: **химический элемент – определенный вид атомов.**

**Учитель.** *Все химические элементы имеют свои названия. Они представлены в периодической системе (демонстрирует слайд 3, см. с.44).*

*Периодическая система – это наглядное выражение периодического закона, который открыл русский ученый Д.И.Менделеев (демонстрирует слайд 4, см. с. 44).*

Далее учитель кратко рассказывает о жизненном пути и основных открытиях Д.И.Менделеева.

После рассказа о Д.И.Менделееве учитель делает в ы в о д:

**химический элемент – определенный вид атомов; в периодической системе представлены химические элементы.**

## Закрепление полученных знаний

На этом этапе учащиеся работают с изображениями периодической таблицы на рабочем листке.

Учитель поясняет, что каждый вид атомов, т.е. химический элемент, имеет свое название и обозначение. Учащиеся внимательно рассматривают таблицу

PERIODIC SYSTEM OF CHEMICAL ELEMENTS D.I. MENDELEEV

ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

1 2 3 4 5 6 7 VIII

1 H He  
2 Li Be B C N O F Ne  
3 Na Mg Al Si P S Cl Ar  
4 K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga Ge As Se Br Kr  
5 Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te I Xe  
6 Cs Ba La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn  
7 Fr Ra Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Fm Md No Lr Rf Os Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn

Высшие окислы: R<sub>2</sub>O, RO, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, RO<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, RO<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, RO<sub>4</sub>

ЛАНТАНОИДЫ

АКТИНОИДЫ

Легенда:

- Розовый: I степень окисления
- Желтый: II степень окисления
- Синий: III степень окисления
- Зеленый: IV степень окисления

с указанием названий и выясняют, что обозначение – одна или две латинские буквы. Далее учитель поясняет, что обозначения элементов происходят от их латинского названия.

Затем учитель предлагает детям вспомнить знакомые им названия химических элементов, найти их обозначение и закрасить соответствующую ячейку в таблице. В ходе беседы учитель систематизирует знания учащихся о том или ином элементе. Обычно учащиеся имеют представления о кислороде, водороде

(здесь необходимо указать, что эти химические элементы – составные части такого вещества, как вода), железе, меди, фторе, кальции.

Вид периодической таблицы позволяет на уроке затронуть еще один вопрос – это распространенность элемента на Земле. Чем больше ячейка элемента в таблице, тем больше содержится этого химического элемента на Земле. Дети сами выясняют, что наиболее распространенные элементы – водород, кислород, углерод, азот.

Слайд 4

### Дмитрий Иванович Менделеев

- 8 февраля 1834, Тобольск — 2 февраля 1907, Санкт-Петербург
- Русский ученый и общественный деятель, химик, физикохимик, физик, метролог, экономист, технолог, геолог, метеоролог, педагог, воздухоплаватель, приборостроитель, энциклопедист.
- Одно из наиболее известных открытий — **периодический закон химических элементов**

В конце урока учитель подводит итог, еще раз обращая внимание на определение понятия химического элемента как вида атома.

#### Результаты урока

Проведение подобного рода уроков для учащихся 4-х классов позволяет не только систематизировать их знания, но и подготовить детей к обучению в 5-м классе, познакомить с основами изучаемых в будущем предметов. Такие уроки вызывают устойчивый интерес со стороны учащихся, стимулируют их познавательную активность.

#### ЛИТЕРАТУРА

Химия. Интересные уроки: из зарубежного опыта преподавания. Авт.-сост. В.Н.Головнер. М.: НЦ ЭНАС, 2005.

ВНЕКЛАССНОЕ МЕРОПРИЯТИЕ

# Ларец Деда Мороза

Г.И.МАЛЫШЕВА,  
учитель химии,  
п. Новинки, Нижегородская обл.

Звучит музыка.

На сцене – ларец Деда Мороза.

**Ведущая.** *Новый год – это замечательный праздник, волшебный. Внимание! Начинаются чудеса! Смотрите, Дед Мороз забыл свой ларец. Давайте посмотрим, что там.*

Достает из ларца лист бумаги, разворачивает, показывает зрителям надпись «Правила техники безопасности».

**Ведущая.** *Вот видите, какой Дед Мороз предусмотрительный! А помнят ли наши зрители эти замечательные правила?*

Раздается барабанная дробь.

**Старуха Шапокляк** (выскакивает.)

*Я знаю! Я! Все правила!*

*Если хочется в пробирке*

*Все скорей перемешать,*

*То закрой пробирку пальцем*

*И сильнее потряси.*

*Если пальцев станет меньше –*

*Не грусти и не рыдай:*

*Ну и что, что стало девять?*

*Девять все-таки не семь!*

*Если вдруг ты на спиртовке*

*Нагреть чего-то хочешь,*

*Смело действуй, направляй*

*Свою пробирку на соседа.*

*Если выброс из пробирки*

*Вдруг нечаянно случится,*

*Пусть сосед идет лечиться.*

*Главное, что ты здоров!*

*Если хочешь ты понюхать*

*Незнакомый порошок,*

*То немедленно всем носом*

*Зарывайся ты в него.*

*Полчаса прилежно нюхай,*

*А потом свои полноса*

*Доставай и так живи.*

*Главное – вот так понюхать*

*Сможешь ты еще разок?*



Старуха Шапокляк

*Если есть в пробирке*

*жидкость,*

*Неизвестная тебе,*

*То ее ты смело пробуй:*

*Кисло – значит, кислота,*

*Горько – это, значит, щелочь*

*Или яд какой другой.*

*Ну и что, что эта проба*

*Для тебя последней будет?*

*Зато жил ты, как герой!*

**Ведущая.** *Нет, нет! Эти правила нам не подходят! Лучше давайте посмотрим, что еще есть в ларце. Вот кувшин, волшебный.*

Открывает кувшин, звучит восточная музыка. Появляется джинн.

**Джинн.**

*Я мудрый, добрый, старый*

*джинн,*

*И я пришел к вам не один:*

*За мной наука вслед идет*

*И чудеса с собой несет.*

*И вам хочу я показать,*

*Как знанья можно применять.*

*С своей седою бородой*

*Хоттабыч – мальчик*

*предо мной,*

*Меня мудрее джинна нет,*

*Я знаю сто один секрет,*

*Как что-то всыпать,*

*что-то влить*

*И что-то третье получить.*

*Как превращают вещество,*

*Не применяя волшебство,*

*И как состав его узнать,*

*И даже как его назвать.*

*Давно нас с вами чудо ждет,*

*Итак, внимание, вперед!*

*Вам не солгут сейчас глаза:*

*Пройдет в стаканчике гроза!*

Демонстрирует о п ы т. В стакан наливает концентрированную серную кислоту, добавляет спирт, перманганат калия.

**Джинн.**

*Гроза прошла, и цел стакан,*

*Так покорим теперь вулкан.*

*Для нас и это пустяки:*

*Одно движение руки!*

*Теперь последний мой*

*сюприз:*

*Он исполняется на бис.*

*Простую палочку возьмем.*

*Без спичек быстро*

*подождем;*

*Рукою ты ее не тронь:*

*Здесь сам рождается огонь!*

Демонстрирует о п ы т. Стекланную палочку опускают в концентрированную серную кислоту, затем – в перманганат калия и вносят ее в спиртовку.

**Джинн.**

*Итак, любезные друзья,*

*У нас – особая стезя:*

*Без лишних слов, без лишних фраз*

*Мы изменяем мир подчас –*

*На приручение огня*

*Ушли минуты у меня!*



<http://www.mif.ru/Articles/art1897.htm>

Мудрый джинн

*И вам лишь стоит захотеть  
Таким искусством овладеть,  
И все подвластно будет вам –  
Уму, а также и рукам,  
Когда войдете вы за мной  
В тот мир прекрасный  
и большой.*

*Где у науки нет границы,  
Где книжных тысячи страницы,  
Где править бал чудесный свой  
Доступно химии одной.  
Где знанья мудрые – для всех.  
И где обрел я свой успех!*

Звучит восточная музыка.

**Ведущий.** Джинн – молодец! Такие чудеса сможете выполнять и вы в старших классах.

*А пока вы наверняка знаете, из каких месяцев состоит зима?*

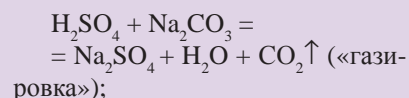
Дети отвечают. Выходят Январь, Февраль, Декабрь.

Звучит песня «Три белых коня».

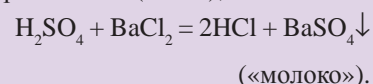
**Декабрь.** Мы тоже умеем творить чудеса! Я буду лить «воду» из

стакана в другие стаканы и получу «газировку», «сок», «молоко».

Демонстрирует о п ы т. В стаканах – растворы карбоната натрия, индикатора метилового оранжевого, хлорида бария. В каждый из стаканов приливают раствор серной кислоты. Протекают реакции:



$\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{индикатор}}$  красное окрашивание («сок»);



**Февраль** (демонстрирует опыт.)

*Оперуем без боли,  
Правда, будет много крови.  
При каждой операции  
Нужна стерилизация.*

*Йодом смочим мы обильно,  
Чтобы было все стерильно.  
Не вертите, пациент,  
Нож подайте, ассистент!  
Посмотрите, прямо струйкой  
Кровь течет, а не вода.  
Но сейчас я вытру руку:  
От пореза – ни следа!*

**Январь.** Я сейчас покажу «несгораемый платок».

Демонстрирует о п ы т. Платок пропитывают раствором силиката натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , просушивают, опускают в спирт, вынимают и поджигают. Спирт сгорает, а платок остается невредимым.

Звучит песня «Три белых коня».

**Ведущий.** Спасибо, зимние месяцы. Но не пора ли нам пригласить в гости Снегурочку? Только подарка для нее нет.

**Январь.** Мы вам поможем. У нас тут волшебные цветы.

Демонстрирует о п ы т. Цветы пропитывают раствором щелочи и обрызгивают раствором фенолфталеина.

**Ведущий.** Спасибо, зимние месяцы. А вот и Снегурочка идет!

Звучит песня про Снегурочку.  
**Снегурочка.** Добрый день! Так вот где, оказывается, дедушкин ларец. А мы его уже обыскались. С Новым годом, ребята!

Звучит песня «С Новым годом!».

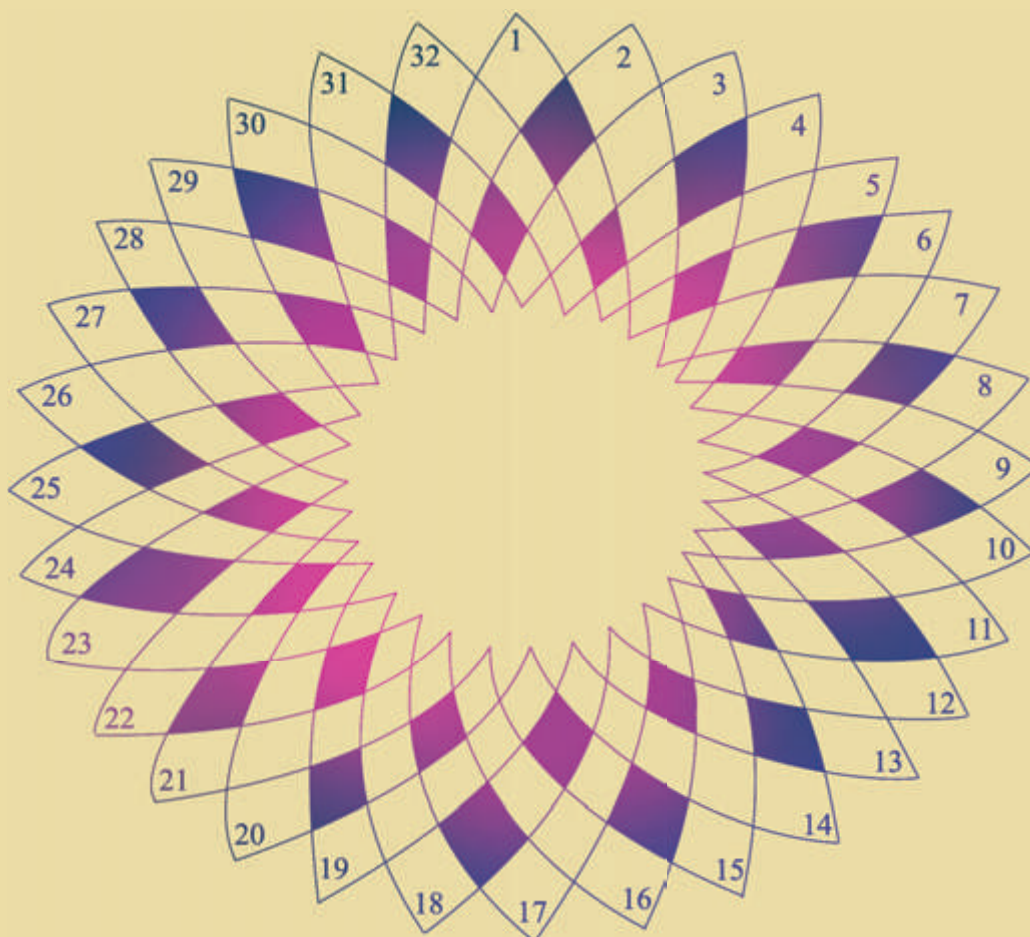


<http://www.blog.kp.ru/users/yunakoty/rubric/1192114>

Иллюстрация к сказке С.Я.Маршак «Двенадцать месяцев»

# Кроссворд «Химический»

Составитель  
В.Г.ФЕДОРИНОВ



**1.** Самый легкий металл. **2.** Элемент VII группы 6-го периода таблицы Д.И.Менделеева. **3.** Щелочной металл, химически очень активный, воспламеняется на воздухе, разлагает воду. **4.** Инертный газ. **5.** Элемент III группы 6-го периода периодической системы Д.И.Менделеева, лантаноид. **6.** Техническое название карбоната калия  $K_2CO_3$ . **7.** Многокомпонентная взрывчатая смесь. **8.** Элемент III группы 5-го периода таблицы Д.И.Менделеева. **9.** Сплав железа с никелем. **10.** Элемент, принадлежащий к семейству платиновых металлов. **11.** Естественный радиоактивный элемент, открытый Й.Я.Берцелиусом в 1828 г. **12.** Немецкий химик, который впервые открыл циановую кислоту, получил из хлоридов алюминий, бериллий. **13.** Аминокислота, входящая в состав белков растительного и животного происхождения. **14.** Карболовая кислота. **15.** Элемент VI группы 4-го периода периодической системы Д.И.Менделеева, халькоген. **16.** Болотный, или рудничный, газ. **17.** Сернокислая соль *n*-метиламинофенола, используется в черно-белой

фотографии как проявитель. **18.** Соединение элемента с кислородом. **19.** Насыщенный углеводород. **20.** Самый твердый абразивный материал. **21.** Одновалентный радикал ряда насыщенных углеводородов. **22.** Концентрированный раствор сахара. **23.** Соединение кремния с водородом. **24.** Мягкий серебристо-белый металл, открытый в 1774 г. К.Шееле в виде оксида. **25.** Отрицательный полюс гальванического элемента или батареи. **26.** Радиоактивный инертный газ. **27.** Радиоактивный элемент, который встречается в урановых рудах. **28.** Инертный газ без цвета и запаха, впервые обнаружен на Солнце. **29.** Высокомолекулярное вещество, природное соединение, важная составная часть всех живых организмов. **30.** Органическое соединение, в медицине применяется для лечения малярии, как жаропонижающее средство. **31.** Немецкий химик XIX в., ученик Гей-Люссака, работавший в области органической химии и агрохимии. **32.** Русский ученый, химик XIX в., открывший реакцию восстановления нитробензола в анилин.



## Людвиг Кляйзен (1851–1930)

Немецкий химик-органик,  
работавший в области  
органического синтеза

**Т**руды этого немецкого ученого посвящены разработке разнообразных методов синтеза органических соединений. Несколько реакций и перегруппировка носят его имя. В лабораторной практике до настоящего времени используется двугорлая колба Кляйзена, предназначенная для перегонки при пониженном давлении (в вакууме). Дополнительное боковое горлышко, ответвляющееся от основного, устроено так, чтобы брызги кипящей жидкости не могли попасть в отводную трубку, а капилляр, который вставляется в осевое горло, предотвращает перегрев жидкости и обеспечивает равномерность кипения.

14 января 2011 года исполняется 160 лет со дня рождения Л.Кляйзена.

