

Детская Ядерная Академия НИИАР



Олимпиада АтоМиК

Условия основного тура по химии

Димитровград 2011

9 класс

Простите, — пересиливая нехорошее чувство из 12 букв, обратился современный писатель из 10 букв к древнегреческому философу из 11 букв. — А что там такое, на берегу?

Древнегреческий философ из 11 букв неохотно оторвался от настольной игры из 5 букв и приподнял верхнюю часть тела из 6 букв.

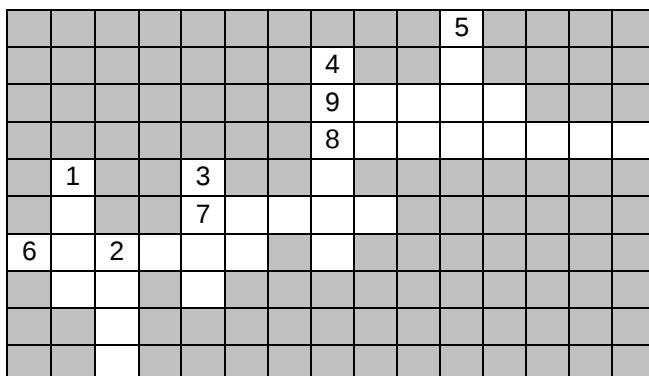
— Рабочий коллектив из 7 букв ловит себе на обед промысловую рыбу из 6 букв, — ответил он и печально улыбнулся. — Вы что, впервые попали в кроссворд?

— В кроссворд?

— Совершенно верно. Другими словами, в род задачи-головоломки из 9 букв.

Георгий Николаев "КРОССВОРД" // Химия и жизнь. 1985. № 4. с. 91-93.

Задача 1. Кроссворд



Обозначение **1В** — означает первый по вертикали, **7Г** — седьмой по горизонтали.

Различные вещества обладают разной реакционной способностью. Так, например, газ **1В** являлся бы образцом химической инертности, так как очень мало реакций, в которые он способен вступать. Одно из немногих исключений — реакция с **7Г**, которая начинает идти уже во влажном воздухе. Сам **7Г** — довольно реакционноспособное вещество, при комнатной температуре реагирует с кислородом и **3В**, при слабом нагревании (до 130°C) реагирует с **2В**. Схожими свойствами обладает **4В**, но его реакция с **2В** начинается уже при совместном перетирании в ступке, а продукт реакции с кислородом сильно отличается от того, что получается при окислении **7Г**.

Электроотрицательность сложно считать мерой реакционной способности, так как газ **3В** хоть и уступает по электроотрицательности кислороду (и даже **1В**), но в большинстве случаев проявляет намного большую реакционную способность. Так если **6Г** в одной из большинства своих аллотропных модификаций стабилен в атмосфере кислорода, и лишь в одной из них медленно окисляется (что сопровождается характерным свечением), то в атмосфере **3В** он сразу загорается.

Элементы **5В** и **9Г** – относятся к самым не реакционноспособным элементам из всей периодической системы. Ранее считалось, что они вообще не могут образовывать соединения (за исключением клатратных). Несмотря на это, для **9Г** совсем недавно были получены крайне неустойчивые соединения.

Элемент **8Г** – тоже крайне малореакционноспособен, не реагирует с кислотами-неокислителями, пассивируется в разбавленной азотной кислоте (но может быть растворен в концентрированной). На воздухе образует оксидную пленку, которая предотвращает его дальнейшее окисления. В целом по своим свойствам близок к элементам платиновой группы, его даже хотели отнести к благородным металлам, если бы не его происхождение. **8Г** не встречается в природе, его получают искусственно (это отражено его названием).

- 1) Разгадайте кроссворд.
- 2) Напишите уравнения возможных реакций между веществами, указанными в кроссворде.

*Все профессии нужны,
все профессии важны...*

Задача 2. Регенерация воздуха

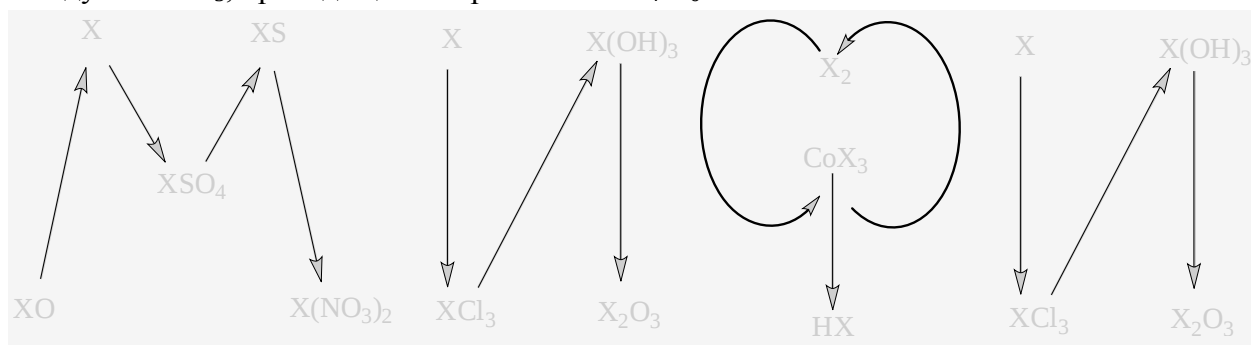
В природе уровень углекислого газа в воздухе составляет 0,035-0,04 объемных процента. Повышенное содержание уровня углекислого газа может наблюдаться во всех помещениях, где находятся люди: от школьных классов до офисных помещений. Повышенная концентрация углекислого газа может быть причиной головной боли, воспаления глаз и носоглотки, а так же вызывать усталость, снижает концентрацию внимания. По этому в любом изолированном пространстве, где работают люди необходимо постоянное поддержание определенного состава воздуха. В комнате или аудитории можно открыть окно и проветрить помещение, но существуют профессии, где это не так просто. Например, космонавты или моряки-подводники. Учитывая сложность и ответственность выполняемой ими работы допустить изменение состава атмосферы внутри космического корабля или подводной лодки невозможно. Одним из самых простых способов регенерации воздуха в замкнутых пространствах является перевод выдыхаемого углекислого газа в кислород. Для этого используются надпероксиды щелочных металлов, чаще всего калия. Надпероксиды поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Кроме того, они могут реагировать и с парами воды, давая дополнительное количество кислорода.

- 1) Напишите уравнение реакций образования надпероксида калия, его реакций с водой, с углекислым газом.
- 2) Почему из всех надпероксидов используется в основном надпероксид калия?
- 3) Определите какое количество надпероксида калия потребовалось бы загрузить в подводную лодку отправляющуюся в подводное плавание на месяц (30 суток), если известно что экипаж лодки состоит из 10 человек и каждый человек за сутки выдыхает около 500 л углекислого газа
- 4) Почему вместо чистого надпероксида калия практически всегда используется его смесь с пероксидом калия?

Имя вы не зря даете, я
скажу вам наперед - как вы яхту
назовете так она и поплывет!
Капитан Врунгель

Задача 3. Угадай название

Расшифруйте цепочку превращений, учитывая, что под каждой буквой, обозначенной символом X, зашифрован элемент, название которого начинается с этой буквы. Дополнительно известно, что для элемента в последней букве возможна реакция между X и XCl_3 , приводящая к образованию X_4Cl_6 .



- 1) Напишите уравнения всех реакций.
- 2) Предположите строение и степень окисления X в X_4Cl_6 .

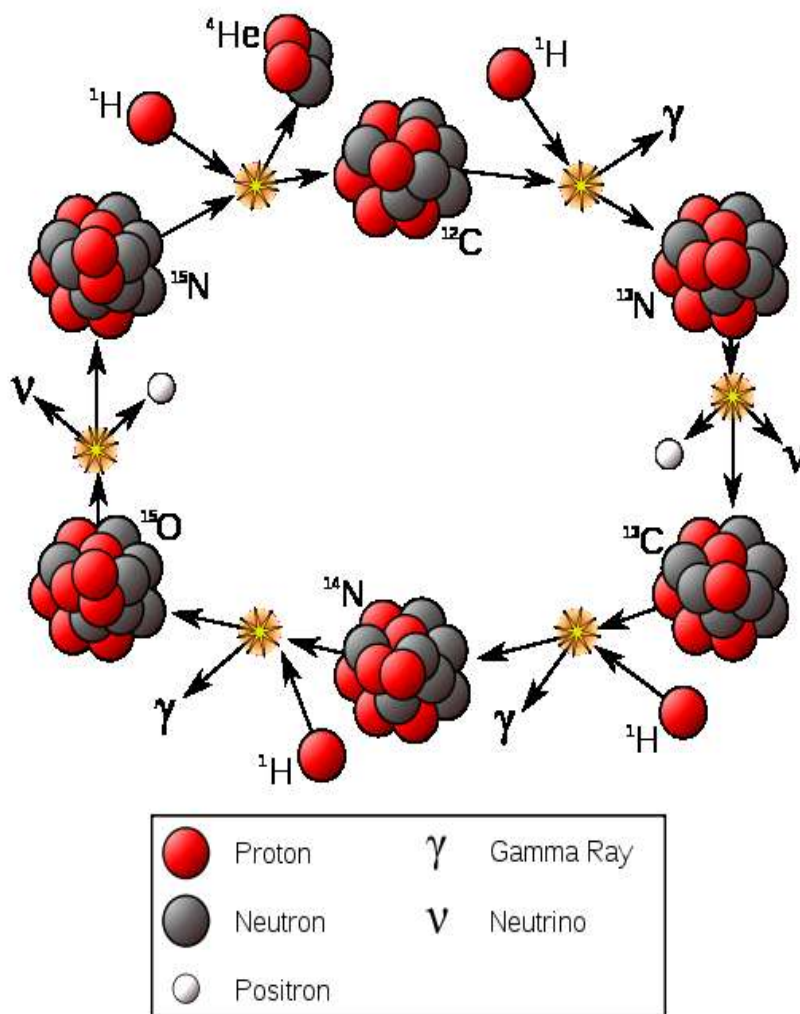
Делать выводы лучше до того, а не
после. После можно не успеть.
(афоризм неизвестного автора)

Задача 4. Неизвестный образец

Юный химик Вася нашел дома пластину из неизвестного металла. Масса данной пластинки составила 50 г. Для определения металла химик, на некоторое время опустил пластинку в раствор соляной кислоты, при этом выделилось 336 мл газа, а масса пластинки уменьшилась на 1,68%. Юный химик достаточно быстро смог сделать предположение о том, из какого металла изготовлена пластинка. Он показал результаты своему другу Пете. Посмотрев на результаты, Петя сказал, что подобный результат могут дать десятки различных сплавов. После чего добавили к полученному солянокислому раствору немного раствора кальцинированной (стиральной) соды. В итоге Петя подтвердил правильность выводов Васи.

- 1) Из какого металла была изготовлена пластинка?
- 2) Напишите уравнение реакции.
- 3) Предложите вариант сплава, который удовлетворяет условию задачи.
- 4) Какие реакции происходили при добавлении соды? Что наблюдали ребята.
- 5) Предложите примеры сплавов, которые могли бы и в этом случае позволить ребятам сделать ложный вывод.

Задача 5. Ядерный синтез



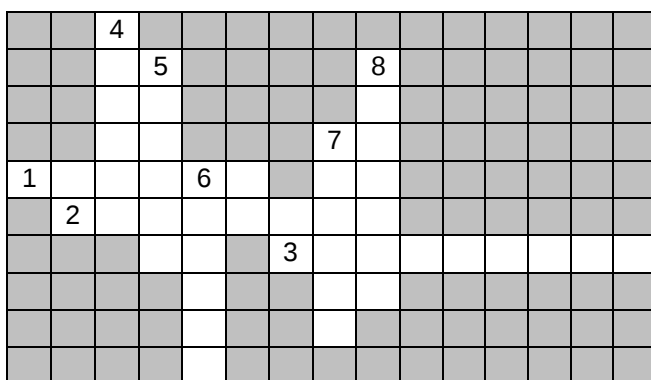
- 1) Посмотрите внимательно на картинку и запишите уравнения всех ядерных превращений, схемы которых изображены на рисунке.
- 2) Напишите уравнение итоговой реакции
- 3) Укажите место, где возможна реализация упомянутых реакций.
- 4) Какую роль в данной схеме выполняет ядро ^{12}C и какие выводы из этого можно сделать?

10 класс

... теоретически, он может вписать любое слово, но на самом деле он должен вписать только одно, чтобы кроссворд решился.

Альберт Эйнштейн

Задача 1. Кроссворд



- 1 – легко сжижаемый газ, используется в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания в некоторых автомобилях.
- 2 – вещество, получаемое при гидролизе жиров водным раствором гидроксида натрия
- 3 – продукт неполного окисления метана хлором.
- 4 – ароматический углеводород, производное которого является одним из самым известных взрывчатых веществ.
- 5 – один из двух газов, которые образуются при реакции карбида магния с водой.
- 6 – простейший представитель класса кетонов.
- 7 – получают восстановлением нитробензола.
- 8 – это вещество часто служит причиной отравлений со смертельным исходом, так как по вкусу и запаху напоминает этиловый спирт, но обладает на порядки большей токсичностью для организма.

- 1) Отгадайте приведенный кроссворд.
- 2) Для каждого из веществ приведите по 1 способу получения (с уравнениями реакций)
Можно использовать подсказки из условия кроссворда.
- 3) Какое второе вещество получается при гидролизе карбида магния?

Задача 2. Небесно-голубой металл

Металлический цезий представляет собой вещество золотисто-белого цвета, по внешнему виду он напоминает золото, но имеет более светлый оттенок. Цезий был открыт в 1860 году немецкими учёными Р. В. Бунзеном и Г.Р. Кирхгофом. В лабораторию Бунзена прислали минеральную воду из Дюрхгеймского источника. Врачи, приславшие

воду, просили проанализировать ее состав, чтобы узнать, чем обусловлены лечебные свойства. Бунзен подверг воду спектральному анализу и неожиданно обнаружил две голубые линии, которые не соответствовали ни одному известному тогда элементу. Так впервые методом спектрального анализа был найден новый элемент, который назвали цезием - от латинского «небесно-голубой».

Одно дело - открыть химический элемент, совсем другое дело - получить в индивидуальном состоянии простое вещество. В случае цезия эта задача оказалась исключительно сложной. Несмотря на упорную работу, Бунзен так и не смог выделить цезий в свободном состоянии. Это удалось сделать только через двадцать лет после открытия элемента. В 1882 г., шведский химик Сеттерберг. подверг электролизу расплав смеси цианидов цезия и бария (взятых в отношении 4:1). При этом получил металлический цезий

В своей книге «Основы химии» Д.И. Менделеев описывает следующий способ получения металлического цезия: «...Н Бекетов приготовил цезий из его алюмината накаливанием с порошком магния, и весь цезий получился в металлическом виде.... Алюминат цезия был приготовлен через осаждение цезиевых квасцов едким баритом через выпаривание полученного раствора». Какую массу металлического цезия можно получить описанным способом из 14,2 г цезиевых квасцов (состав цезиевых квасцов аналогичен составу калиевых квасцов)?

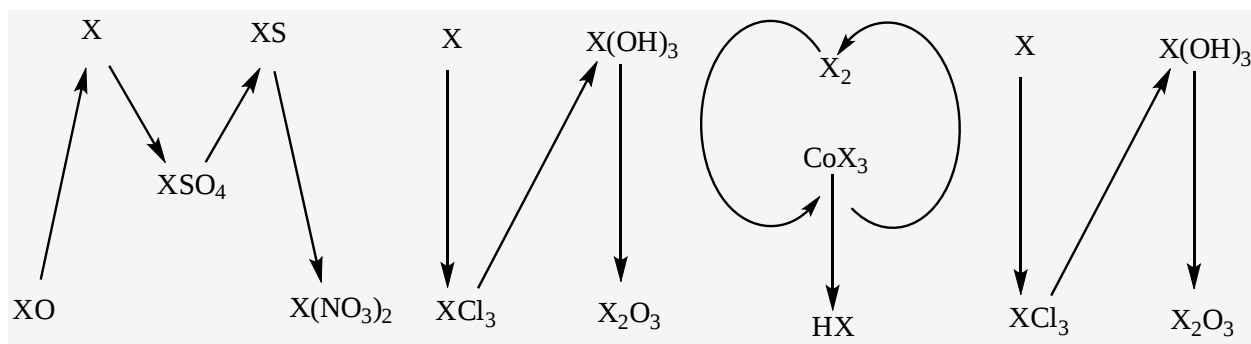
Наиболее распространенным способом получения металлического цезия на сегодня является способ, предложенный в 1911 г. французским химиком Акспилем. По методу Акспиля, хлорид цезия восстанавливают металлическим кальцием в вакууме, реакция идет практически до конца. Процесс ведут в специальном приборе (в лабораторных условиях - из кварца или тугоплавкого стекла), при давлении в приборе не больше 0,001 мм рт. ст., и температура процесса около 700°C.

- 1) В чем на ваш взгляд недостатки способа получения цезия Сеттерберга? Для чего в этом способе необходим цианид бария?
- 2) Напишите уравнения реакции соответствующие способу получения цезия Н. Бекетова.
- 3) Какую массу металлического цезия можно получить описанным способом из 14,2 г цезиевых квасцов (состав цезиевых квасцов аналогичен составу калиевых квасцов)?
- 4) Напишите уравнения реакции соответствующие способу получения цезия Акспиля.
- 5) Кальций менее активный металл, чем цезий, почему возможна данная реакция?

*Имя вы не зря даете, я
скажу вам наперед - как вы яхту
назовете так она и поплывет!*
Капитан Врунгель

Задача 3. Угадай название

Расшифруйте цепочку превращений. Учítывая, что для каждой буквы под символом X зашифрован элемент, название которого начинается с этой буквы. Дополнительно известно, что для элемента в последней букве возможна реакция между X и XCl_3 , приводящая к образованию X_4Cl_6 .



- 1) Напишите уравнения всех реакций.
- 2) Предположите строение и степень окисления X в X₄Cl₆.

*Об этих веществах
часто говорят
"С алмазным сердцем
и шкурой носорога"*

Задача 4. Полимер

Этот уникальный полимер (X) был открыт в апреле 1938 года 27-летним учёным-химиком Роем Планкеттом, который случайно обнаружил, что закачанное им в баллоны под давлением газообразное вещество А полимеризовалось в белый парафиноподобный порошок.

В настоящий момент основное назначение вещества А – получение полимеров данного класса. Само вещество получению при действии фтороводорода на газообразный хлороформ с последующим пиролизом промежуточно образующегося вещества В

Сам полимер X и родственные ему полимеры обладают поразительной химической инертностью. Он не реагирует с концентрированными растворами щелочей, кислот и даже с царской водкой. При слабом нагревании X способен реагировать только с расплавами щелочных металлов и фтором. Другим полезным свойством X является способность несмачиваться как водой так и органическими веществами. Эти свойства и определяют область использования X.

Хотя X имеет довольно высокую для органических полимеров температуру плавления (327°C) при температурах выше 200°C он начинает медленно разлагаться с выделением токсичных веществ С и D. Вещество С особенно токсично для птиц. Выделение данного вещества при перегреве изделий, содержащих покрытие из X часто становится причиной гибели домашних птиц (например, волнистых попугаев).

Вещество	A	B	C	D	X
Молекулярная масса	100 г/моль	86,5 г/моль	414 г/моль	200 г/моль	100 000 – 500 000 г/моль

Вещества А, D, X состоят только из двух элементов, а вещества В и С из четырех. Вещество С является сильной одноосновной кислотой.

- 1) Напишите формулы веществ А, В, С, D и X. Как называется вещество X?
- 2) Напишите уравнения получения и полимеризации А.
- 3) Рассчитайте степень полимеризации X.

- 4) Объясните смысл фразы "с алмазным сердцем и шкурой носорога"
- 5) Напишите уравнения в результате которых получаются С и D.
- 6) В каких изделиях в быту используются покрытия из X?
- 7) Несмотря на химическую инертность X при низких температурах, при температуре выше 500° X интенсивно реагирует с порошком магния, это свойство используется в некоторых зажигательных смесях. Напишите уравнение данной реакции.

*"Математика - это единственный
способ провести самого себя за нос"*
Альберт Эйнштейн

Задача 5. Получение алканов

Известным способом получения предельных углеводородов является реакция Вюрца, заключающаяся в действии металлического натрия на смесь галогенпроизводных алканов. Недостатком данного способа является то, что в данном случае получается не один продукт, а смесь.

Менее известным способом получения углеводородов является реакция Кольбе. Ее суть заключается в том, что при электролизе солей карбоновых кислот, образуются в начале карбоксильные радикалы, которые отщепляют молекулу углекислого газа, превращаясь в алкильные.



Образующиеся алкильные радикалы реагируют друг с другом с образованием алканов.

- 1) Запишите уравнение реакций Вюрца и реакций Кольбе, приводящих к образованию этана.
- 2) Вычислите молекулярные массы углеводородов, получающихся при действии натрия на семь моноклорпроизводных алканов с молекулярными массами M_1 и M_2
- 3) Вычислите молекулярные массы углеводородов, получающихся при электролизе смеси натриевых солей монокарбоновых кислот, с массовой долей натрия x_1 и x_2 .
- 4) В каких случаях данные вычисления не применимы (получается другой набор продуктов)?
- 5) Какую из этих двух реакций и каким образом можно применить для получения неразветвленных алканов с нечетным числом атомов углерода в цепи?

11 класс

*Я взял себе за правило никогда не
курить больше одной сигареты
одновременно.
Марк Твен*

Задача 1. Курение убивает

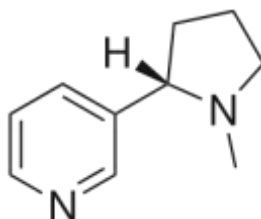


Рис.1. структурная формула никотина.

Действующим веществом сигарет является никотин, действие которого приводит к кратковременному ускорению сердцебиения, увеличению кровяного давления и учащению дыхания, увеличению уровня глюкозы в крови. При регулярном употреблении никотин вызывает физиологическую и психологическую зависимость.

При сгорании сигареты часть никотина возгоняется и с дымом попадает в легкие. Никотин существует в двух формах – связанной (или солевой) и свободной. При этом летуч он только в свободной форме, а в листьях табака присутствует в основном в виде солей. Когда табачные компании поняли это, они стали изучать, как можно повысить количество переходящего в свободную форму никотина. Оказалось, для этого нужно просто повышать щелочность (pH) табачного дыма. Этого можно добиться, добавляя в табак аммоний, фосфат аммония и/или мочевины (NH_2CONH_2).

Если никотин формирует стойкую зависимость, то основной вред организму при курении наносят смолистые вещества – продукты неполного сгорания табака и бумаги. Они содержат различные виды канцерогенных веществ и при поступлении в организм многократно повышают риск развития онкологических заболеваний. Для определения смолистых веществ в разных видах сигарет используется автоматический прибор, который раз в 60 с в течение 2 с пропускает сигаретный дым от зажженной сигареты через специальный фильтр-патрон. После сгорания сигареты – фильтр-патрон взвешивается.

- 1) Напишите уравнение полного сгорания никотина на воздухе.
- 2) Какое вещество составляет основную массу сгораемой части сигареты. Напишите уравнение его горения.
- 3) Напишите уравнение разложения фосфата аммония и мочевины (NH_2CONH_2) при нагревании. Предположите, какие из перечисленных продуктов задерживаются сигаретным фильтром, а какие нет?
- 4) Какая реакция способна переводить никотин из солевой формы в свободную?
- 5) Предложите формулы 2 веществ, которые могут являться продуктами неполного сгорания табака.

б) Считая длину "скуриваемой" части сигареты равной 8 см, скорость спокойного горения равной 0,25 мм/с, скорость горения в процессе "затяжки" равной 1мм/с, эффективность улавливания смолы фильтром равной 65%, рассчитайте долю смолистых веществ, зарегистрированных прибором от их общего количества, образующегося при сгорании одной сигареты.

*Об этих веществах
часто говорят
"С алмазным сердцем
и шкурой носорога"*

Задача 2. Полимер

Этот уникальный полимер (X) был открыт в был открыт в апреле 1938 года 27-летним учёным-химиком Роем Планкеттом, который случайно обнаружил, что закачанное им в баллоны под давлением газообразное вещество А полимеризовалось в белый парафиноподобный порошок.

В настоящий момент основное назначение вещества А – получение полимеров данного класса. Само вещество получению при действии фтороводорода на газообразный хлороформ с последующим пиролизом промежуточно образующегося вещества В

Сам полимер X и родственные ему полимеры обладают поразительной химической инертностью. Он не реагирует с концентрированными растворами щелочей, кислот и даже с царской водкой. При слабом нагревании X способен реагировать только с расплавами щелочных металлов и фтором. Другими полезным свойством X является способность несмачиваться как водой так и органическими веществами. Эти свойства и определяют область использования X.

Хотя X имеет довольно высокую для органических полимеров температуру плавления (327°C) при температурах выше 200°C он начинает медленно разлагаться с выделением токсичных веществ С и D. Вещество С особенно токсично для птиц. Выделение данного вещества при перегреве изделий, содержащих покрытие из X часто становится причиной гибели домашних птиц (например, волнистых попугаев).

Вещество	A	B	C	D	X
Молекулярная масса	100 г/моль	86,5 г/моль	414 г/моль	200 г/моль	100 000 – 500 000 г/моль

Вещества А, D, X состоят только из двух элементов, а вещества В и С из четырех. Вещество С является сильной одноосновной кислотой.

- 1) Напишите формулы веществ А,В, С, D и X. Как называется вещество X?
- 2) Напишите уравнения получения и полимеризации А.
- 3) Рассчитайте степень полимеризации X.
- 4) Объясните смысл фразы "с алмазным сердцем и шкурой носорога"
- 5) Напишите уравнения в результате которых получают С и D.
- 6) В каких изделиях в быту используются покрытия из X?
- 7) Несмотря на химическую инертность X при низких температурах, при температуре выше 500° X интенсивно реагирует с порошком магния, это свойство используется в некоторых зажигательных смесях. Напишите уравнение данной реакции.

Задача 3. Уран, радиоактивность и многое другое

Уран, - самый тяжелый из встречающихся в природе элемент, он использовался людьми еще в начале нашей эры. Природная окись урана использовалась для изготовления жёлтой глазури для керамики, осколки керамики с желтой глазурью (содержащие более 1% оксида урана) находились среди развалин Помпеи. Первая важная дата в истории урана — 1789 год, когда немецкий натурфилософ и химик Мартин Генрих Клапрот восстановил извлечённую из саксонской смоляной руды золотисто-жёлтую «землю» до чёрного металлоподобного вещества. В честь самой далёкой из известных тогда планет (открытой Гершелем восемью годами раньше) Клапрот, считая новое вещество элементом, назвал его ураном (этим он хотел поддержать предложение Иоганна Боде назвать новую планету «Уран» вместо «Звезда Георга», как предложил Гершель). Пятьдесят лет уран Клапрота числился металлом. Только в 1841 г. французский химик Эжен Мелькиор Пелиго доказал, что, несмотря на характерный металлический блеск, уран Клапрота не элемент, а оксид UO_2 . В 1840 г. Пелиго удалось получить металлический уран восстановлением тетрахлорида урана металлическим калием. Следующий важный шаг в изучении урана сделал в 1874 г. Д. И. Менделеев. В то время урану приписывали следующие значения молярной массы (г/моль): 240 (Менделеев), 180 (Армстронг), 120 (Берцелиус). Эти значения получены по результатам химического анализа урановой смолки (одного из оксидов урана), который показал, что она содержит 84,8% урана и 15,2% кислорода.

Серьезное изучение свойств урана началось с 1896 г.: французский химик Антуан Анри Беккерель случайно открыл Лучи Беккереля, которые позже Мария Кюри переименовала в радиоактивность. В 1899 г. Резерфорд обнаружил, что излучение урановых препаратов неоднородно, что есть два вида излучения — «альфа- и бета-лучи». Они несут различный электрический заряд; далеко не одинаковы их пробег в веществе и ионизирующая способность. Чуть позже, в мае 1900 г., Поль Вийар открыл третий вид излучения — гамма-лучи. Эрнест Резерфорд провёл в 1907 г. первые опыты по определению возраста минералов при изучении радиоактивных урана и тория на основе созданной им совместно с Фредериком Содди теории радиоактивности. В 1913 г. Ф. Содди ввёл понятие об изотопах. Вскоре после окончания второй мировой войны американец Фрэнк Либби, изучая взаимодействие искусственно получаемых нейтронов с атомами азота, пришел к выводу, что и в природе должны происходить такие же ядерные реакции, как в его опытах; нейтроны, выделяющиеся под воздействием космических лучей в атмосфере Земли, должны поглощаться атомами азота, образуя радиоактивный изотоп углерода - ^{14}C . Этот радиоактивный углерод примешивается в небольшом количестве к стабильным изотопам углерода ^{12}C и ^{13}C и вместе с ними образует молекулы углекислого газа, которые усваиваются организмами растений, а через них и животных, в том числе человека. Они должны быть как в тканях, так и в выделениях живых организмов.

Когда удалось уловить слабую радиоактивность зловонных испарений метана у сточных вод Балтимора, это явилось первым подтверждением догадки Либби. Затем была установлена радиоактивность растущих деревьев, морских раковин и пр. Как и всякий радиоактивный элемент, радиоактивный изотоп углерода распадается с постоянной, характерной для него скоростью. Поэтому его концентрация в атмосфере и биосфере непрерывно убывала бы (по Либби, вдвое за каждые 5568 лет), если бы убыль не пополнялась столь же непрерывно образованием ^{14}C в атмосфере. Но после смерти

организма новый углерод в него уже не поступает и уменьшение концентрации ^{14}C не восполняется! Так появился радиоуглеродный метод определения возраста объектов.

1) Напишите схему реакции проведенной Пелиго для получения металлического урана. Какое непеременимое условие, на ваш взгляд, необходимо для осуществления данной реакции.

2) Какую формулу «урановой смолки» приписывали Менделеев, Армстронг и Берцелиус? Каков состав урановой смолки по современным данным? Кто из ученых точнее определил состав соединения?

3) Поясните в чем неточность формулировки, данной Резерфордом для названий открытых им видов радиоактивного излучения «альфа- и бета-лучи». Каковы современные представления об открытых Резерфордом «альфа- и бета-лучах»?

4) Что в настоящее время понимается под открытыми Полем Вийаром «гамма-лучами»?

5) Приведите схемы реакций, в результате проведения которых Резерфорд мог обнаружить, что излучение урановых препаратов неоднородно, что есть два вида излучения — «альфа- и бета-лучи». если известна следующая часть схемы распада урана:
 $^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{Th} \rightarrow ^{234}\text{Pa} \rightarrow ^{234}\text{U}.$

6) Приведите схемы ядерных реакций лежащих в основе радиоуглеродного метода датировки возраста объектов.

7) Что такое период полураспада? На основании принципа радиоуглеродного метода датировки возраста объектов и данных полученных Лобби о периоде полураспада ^{14}C определите возраст образца древесины содержание углерода-14 в котором составляет 6,25% от современного уровня.

Катализаторы – вещество, изменяющее скорость химической реакции и при этом не расходуемое в процессе взаимодействия. Влияние катализатора на скорость реакции называют катализом.

(Неорганическая химия. Под ред. Ю.Д. Третьякова, Том 1. Физико-химические основы неорганической химии. М.: Академия, 2004-2007. с 109)

Задача 4. Автокатализ

Известно, что если реакцию проводить при фиксированной температуре, тогда скорость большинства реакций максимальна в первоначальный момент и уменьшается с течением времени, по мере истощения исходных веществ. Исключения составляют автокаталитические реакции. Т.е. такие реакции, в ходе которых образующиеся продукты служат катализатором исходного процесса.

Например, реакция меди и соляной кислоты. Известно, что в обычных условиях такая реакция не идет. В присутствии же кислорода воздуха медь медленно растворяется в конц. соляной кислоте с образованием окрашенного раствора. В тех случаях, если поверхность меди была плохо очищена от оксида или основного карбоната (обычные продукты окисления меди на воздухе), растворение меди идет заметно быстрее.

Так же известно, что раньше в радиотехнике для травления медных плат использовали смесь растворов медного купороса и поваренной соли. Это связано с тем, что медь образует с хлорид-ионами устойчивые комплексы. Для степени окисления +1 координационное число меди равно 2, для степени окисления +2 координационное число меди равно 4.

- 1) Известно, что если в ходе реакции выделяется значительное количество тепла, то скорость такой реакции в замкнутой системе может значительно ускоряться со временем, что иногда приводит к взрыву не зависимо от того являлась реакция автокаталитической или нет. Как это согласуется с исходными данными это задачи?
- 2) Почему медь не реагирует с соляной кислотой в обычных условиях?
- 3) Напишите формулы комплексных соединений меди с хлорид ионами.
- 4) Напишите уравнения всех процессов, происходящих при растворении меди в соляной кислоте.
- 5) Что является катализатором данного процесса?
- 6) Может ли скорость автокаталитической реакции убывать со временем?
- 7) Какие еще автокаталитические реакции вы знаете (приведите примеры)?

— *А откуда у вас электричество?*
— *Два гигантских хомяка крутят колёса в секретном бункере.*
Сериял “Lost”

Задача 5. Батарейка

В 1936 г. к немецкому исследователю Вильгельму Кенингу, который работал в Археологическом музее Багдада – столицы Ирака, попал странный предмет.

Его нашли среди руин древнего парфянского поселения неподалеку от Багдада. (Парфяне властвовали здесь, на территории Древней Месопотамии, в 250 г. до н.э. – 224 г. н.э.) Это была невзрачная глиняная ваза высотой примерно 15 см. В ней находился цилиндр из листовой меди со вставленным в него проржавевшим железным стержнем. Все эти детали были залиты смолой, склеивавшей их. Кенинг обследовал странный предмет и внезапно понял, что попало ему в руки. Это были остатки электрической батарейки! Стало быть, парфяне уже тогда использовали электрический ток – почти за две тысячи лет до открытий Луиджи Гальвани и Алессандро Вольты.

Первая “современная” электрическая батарея появилась в 1799 году. Её изобрел итальянский физик Алессандро Вольт (1745 - 1827) — итальянский физик, химик и физиолог, изобретатель источника постоянного электрического тока.

Как-то раз он взял в руки трактат физиолога Луиджи Гальвани «Об электрических силах в мускуле» и понял, что лапка лягушки начинала дергаться только тогда, когда к ней прикасались двумя разными металлами. Гальвани не заметил этого! Вольт решает поставить опыт Гальвани на себе: он взял две монеты из разных металлов и положил их в рот - сверху, на язык, и под него. Потом соединил монеты тонкой проволокой и ощутил вкус «подсоленной воды». На основании представлений Волты о природе электричества он построил первый источник тока - «вольтов столб». Вольт положил друг на друга попеременно несколько десятков небольших цинковых и серебряных пластинок, проложив меж ними бумагу, смоченную подсоленной водой. Затем серебряные пластины были заменены медными, а бумага была заменена сукном.

В 1836 г. английский ученый Дж. Даниель объявил о создании стабильного гальванического элемента, состоящего из двух полуэлементов - цинкового электрода, помещенного в разбавленный раствор серной кислоты и медного электрода, помещенного в раствор медного купороса. Оба полуэлемента отделены друг от друга пористой мембраной, допускающей прохождение электрического тока, где носителями заряда являются ионы. Элемент Дж. Даниеля обладал существенным недостатком, поэтому позже он был модифицирован, а новый источник тока вошел в историю под названием элемента Даниэля-Якоби.

В наше время эксперименты по электрохимии не перестают быть актуальными. На занятиях химического кружка ребята решили сделать свой собственный гальванический элемент. В качестве электродов ребята взяли цинковую и алюминиевую пластинки, которые соединили с контактами гальванометра и опустили в раствор хлорида натрия.

Стрелка гальванометра отклонилась, значит, через него проходил электрический ток. Однако, истинное направление тока, которое обнаружили экспериментаторы, от цинка к алюминию всех смутило. Казалось, что результаты опыта противоречили ряду стандартных электродных потенциалов. После добавления к раствору электролита нашатырного спирта, отклонение стрелки гальванометра увеличилось, а после добавления

раствора гидроксида натрия, стрелка отклонилась в противоположном направлении. Вскоре ребята выяснили причины «странного поведения» стрелки гальванометра.

Вопросы

- 1) Какими недостатками на ваш взгляд обладали «вольтов столб» и элемент Дж. Даниеля?
- 2) Каким образом был устранен недостаток элемента Дж. Даниеля при переходе к элементу Даниэля-Якоби?
- 3) Напишите уравнения электродных процессов, происходящих в гальванических элементах Дж. Даниеля и Даниэля-Якоби.
- 4) Рассчитайте ЭДС элемента Даниэля-Якоби, если концентрация электролита, в который погружен катод в 2 раза выше концентрации электролита, в который погружен анод, а стандартные потенциалы для цинка и меди равны -0,76 и +0,80 В соответственно.

(Для справки: потенциал каждого из электродов подчиняется уравнению Нернста:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \left(\frac{C_{ок}^a}{C_{вос}^b} \right)$$

где E^0 - стандартный электродный потенциал в вольтах, R - универсальная газовая постоянная 8,31 Дж/(моль·К), T - абсолютная температура в Кельвинах, F - число Фарадея, 96500 Кл/моль, n - число электронов в реакции, $C_{ок}$ и $C_{вос}$ – концентрации окисленной и восстановленной форм в степенях равных стехиометрическим коэффициентами.

ЭДС цепи равен разности потенциалов катода и анода.

- 5) Объясните факты, полученные во время занятия химического кружка. Не противоречат ли результаты опыта ряду стандартных электродных потенциалов?