

**Задание 1****СЛОЖНЫЕ СВЯЗИ**

Два элемента X и Y, расположенные друг за другом в периодической таблице, могут взаимодействовать между собой в разных количественных соотношениях. Образующиеся при этом продукты A_1 и A_2 (реакции 1-2) легко подвергаются гидролизу с выделением X и двух газообразных продуктов B и C (реакции 3-4). При взаимодействии B с Y образуется соединение D (реакция 5), продуктами реакции которого с X в присутствии катализатора являются A_1 , A_2 и B (реакция 6). Гидролиз соединения D дает вещества C и E (реакция 7), взаимодействие горячего концентрированного раствора E с A_1 и A_2 приводит вновь к образованию B и C (реакции 8-9). X может быть получен обратно из B путем его взаимодействия с веществом F (реакция 10), которое может быть использовано для перехода A_1 в A_2 при низких температурах (реакция 11). Продуктом реакции F с Y является C, но, в зависимости от их соотношения, могут также выделяться как X, так и E (реакции 12-13). Известно, что соединения A_1 -F содержат в своем составе хотя бы один из элементов X и Y.

Вопросы:

1. Определите элементы X и Y и соединения A_1 , A_2 , B-F, если при гидролизе 1 г соединений A_1 и A_2 образуется 155 и 356 мг X, соответственно.
2. Напишите уравнения всех описанных в задаче реакций.
3. Для какой цели используют раствор X в A_2 ?
4. Рассчитайте pH раствора, полученного после взаимодействия 97,8 мл газообразного Y ($p=1$ атм, $t=25$ °C) с 100 мл 0,01M раствора F. Изменением объема раствора можно пренебречь.



Задание 2

Безопасность прежде всего!



Устойчивое при комнатной температуре соединение азота с водородом **A** содержит 2 связи азот-азот и 6.7% водорода. Оно очень летучее (782 мм рт. ст. при 134 °C), в воде растворимо с нейтральной реакцией раствора. В растворе реагирует с солями переходных металлов с образованием черных осадков, которые взрываются при ударе, что обусловило их широкое применение в качестве капсюль-детонаторов. Вещество **A** способно взрываться и само – при плотности заряжания 0.3 г/см^3 давление взрыва составляет 3514 кгс/см^2 ($1 \text{ кгс} = 9.8 \text{ Н}$). Объем газообразных продуктов при взрыве вещества **A** равен 1148 мл/г (н.у.).

Вопросы:

1. Что представляет собой соединение **A**? Назовите его, представьте структурную формулу.
2. Каково содержание азота в продукте взаимодействия **A** с избытком раствора нитрата серебра?
3. В какой сфере повседневной жизни используются подобные соединения в качестве капсюль-детонаторов?
4. Напишите уравнение разложения вещества **A**, зная объем газообразных продуктов при взрыве.
5. Оцените температуру при взрыве вещества **A**, с учетом данной вам плотности заряжания. Примечание: плотность заряжания – это отношение массы заряда к внутреннему объему гильзы при вставленной в нее пуле.



Задание 3

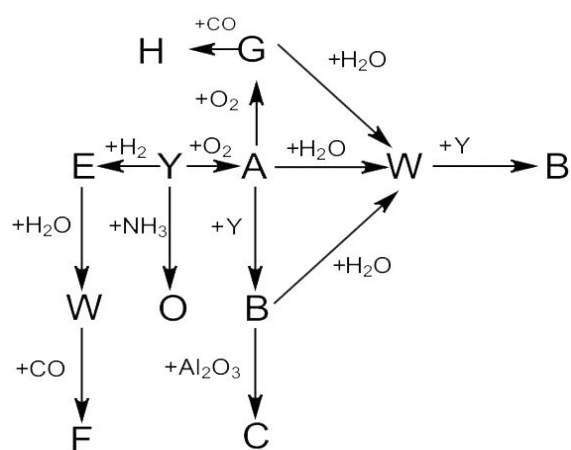
КЛЕТОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ



Металлы X и Y относятся к числу важнейших биоэлементов. Следует заметить, что X тяжелее Y. В живых организмах они находятся исключительно в виде ионов. В организме человека в среднем содержится 170 г X и 90 г Y. Один из ионов металлов сосредоточен в клетках, а другой – в межклеточных жидкостях. Ионы X и Y участвуют в передаче нервных импульсов, работе мышц, способствуют поддержанию постоянного объема воды в организме. Соли Y нередко используют в качестве лекарств, так как ионы Y безвредны для организма даже в повышенных концентрациях. Избыток ионов X угнетает сердечную деятельность, поэтому прием препаратов необходимо строго контролировать.

Вопросы:

1. Назовите металлы X, Y. Какой ион металла сосредоточен в клетке, а какой в межклеточном веществе?
2. Приведите хотя бы 2 примера солей металла Y, которые используются в качестве лекарств, и уточните их применение.
3. Элементы X и Y впервые были получены английским химиком в 1807 году. Он выделил металл X электролизом расплавленного гидроксида Z. Спустя несколько дней таким же способом был получен металл Y из расплавленного гидроксида W. Предыдущие эксперименты с их водными растворами были неудачными из-за высокой реакционной способности. Названия, выбранные ученым, отражают происхождение этих элементов.
 1. Как зовут этого ученого?
 2. Напишите формулы гидроксидов Z и W и от каких веществ получили название элементы X и Y?
 3. Напишите уравнение реакции получения одного из металлов.
4. До разработки электролитического процесса Y получали восстановлением его карбоната в закрытых тиглях элементом Q. Пары металла при этом конденсировались на крышке тигля. Напишите уравнение реакции.
5. На некоторых предприятиях X и сейчас получают по методу Грейсгейма: сплавлением его фторида с бинарным соединением, содержащим кальций и элемент Q, при 1000°C. Напишите уравнение реакции.
6. Решите схему. Определите вещества A-H, W, напишите уравнения реакций.





Задание 4

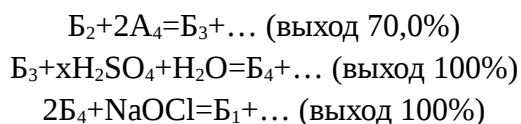
НЕОЖИДАННЫЕ СТОРОНЫ ХИМИИ ОДНОГО ЭЛЕМЕНТА



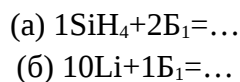
В 1928 г. исследовательской группой Отто Руффа в Германии было получено термодинамически устойчивое соединение A_1 (устойчивость его стала большой неожиданностью). Как оказалось, его синтез можно провести по двум основным путям. Суть первого способа заключается в электролизе соли A_2 (она является солью кислоты A_3) с кислотой A_3 . Суть второго – в реакции между газообразным простым веществом A_4 и веществом A_5 на медном катализаторе.

Известно, что из A_4 в одну стадию можно получить A_3 , а из A_5 в одну стадию можно получить A_2 .

Оказалось, что существуют и другие соединения-родственники A_1 с таким же качественным составом. Одно из них, вещество B_1 , можно получить реакцией между медью и A_1 – именно таким способом оно было впервые получено в 1957 году. Сегодня B_1 получают по другой схеме (коэффициенты расставлены верно):



Известно, что если взять 1,648 г B_2 , то по данной схеме получится ровно 1 г B_1 , а на промежуточной стадии будет получено 1,019 г B_4 . B_1 является сильным окислителем, что можно проиллюстрировать реакциями:



Также известно, что B_2 – органическое соединение, синтезированное известным химиком из изомерного ему соединения B_5 . Эта реакция опровергла теорию витализма и дала старт новой эпохи в химии.

Вопросы:

1. Определите все зашифрованные вещества, если дополнительно известно, что отношение молярных масс $A_1:B_3=0,740$. Напишите шесть уравнений реакций, описанных в условии и связанных с синтезом веществ A_1 и B_1 .
2. Какой ученый осуществил реакцию, опровергшую теорию витализма? Приведите его



имя и фамилию.

3. Молекула A_1 имеет пирамидальную форму. Угол между любыми двумя связями в этой молекуле равен $102,5^\circ$, а дипольный момент каждой связи равен $0,234\text{Д}$. Определите полный дипольный момент этой молекулы, приведите расчеты. Если Ваш ответ будет неверен, то может быть оценена часть ваших расчетов.
4. Напишите реакции (а) и (б).
Многие химические свойства вещества B_1 обусловлены его частичной диссоциацией его на две частицы: $B_1 = 2B_0$. Это, разумеется, равновесный процесс, и его константа равновесия при 298К равна $0,03$. При этом $\Delta H = 83,20\text{ кДж/моль}$.
5. Определите ΔS и ΔG этой реакции при 298К .
6. Является ли B_0 радикалом?
7. Напишите продукты реакции B_0 с
- а) NO
 - б) Cl_2
 - в) $\text{CF}_3\text{—CF=CF}_2$

Задание 5

ЭЛЕМЕНТ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



55 лет назад в 1961 году произошло знаменательное событие - первый полет человека в космос. Это стало результатом многолетних трудов в области ракетостроения, в котором, благодаря своим свойствам, активно применяется элемент М.

Начало изучению химии этого элемента положил англичанин Уильям Грегор 225 лет назад. Исследуя песок из местной речки, он извлек черное вещество (соединение А), из которого он удалил один из трех элементов обработкой HCl (реакция 1). В остатке было обнаружено соединение В. Оба соединения встречаются в природе в виде минералов и содержат 31,57% и 59,95% по массе элемента М соответственно.

Метод получения М разработал в 1932 году Вильгельм Кролл. Метод заключается в восстановлении соединения С магнием при нагревании (реакция 2). Соединение С получается из соединения А, либо из соединения В при реакции с хлором и углеродом при нагревании (реакции 3 и 4). В обеих реакциях помимо продукта С выделяется CO , однако в реакции с соединением А выделяется коричнево-черное твердое соединение D, содержащее хлор.



Помимо М широко используется и его бинарное соединение Е (68.91% М по массе) с элементом G, которое отличается высокой температурой плавления. Е можно получить реакцией соединения С с хлоридом-Н элемента G и водородом при 1300°C (реакция 5), либо реакцией простого вещества М с оксидом-І и карбидом-Ј (78.26% G по массе) элемента G при 2000°C (реакция 6), либо при реакции В и І с расплавленным Na (реакция 7).

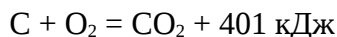
Вопросы:

1. Определить элементы М и G, а также соединения А-Е и соединения Н-Ј.
2. Приведите все уравнения реакций.
3. Как называется минерал В?



$$1 \text{ а.е.м.} \cdot c^2 = 931,5 \text{ МэВ.}$$

Чтобы представить себе, насколько огромна выделяющаяся энергия, можно сравнить это с количеством тепла выделяющейся в ходе реакции горения угля:



3. Учитывая результат, полученный в п.2, определите, какое количество энергии выделится (в кВт·ч) из 1 г урана. ($1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$; $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$). Сколько угля с массовой долей углерода 75% необходимо, чтобы получить такое же количество энергии?

30 лет назад 26 апреля 1986 г. произошла авария на Чернобыльской АЭС. Авария расценивается как крупнейшая в своём роде за всю историю атомной энергетики, как по предполагаемому количеству погибших и пострадавших от её последствий людей, так и по экономическому и экологическому ущербу.

Ученые выделили в выбросах из аварийного реактора Чернобыльской АЭС 23 основных радионуклида. В настоящее время основным дозообразующим радионуклидом в зоне отчуждения является ^{137}Cs . Он легко поступает в растения через корневую систему, так как по химическим свойствам близок к элементам I группы. В человеческий организм цезий попадает, когда человек дышит или принимает пищу. Накапливаясь в организме, цезий вызывает внутреннее облучение, а также всасывается в кровь человека.

4. **Период полураспада радиоактивного изотопа ^{137}Cs , который попал в атмосферу в результате Чернобыльской аварии, - 29,7 лет. В каком году количество этого изотопа составит менее 1% от исходного?**

При делении ядер урана из их осколков образуются ядра более легких элементов. Среди них есть и ^{135}Xe , который активно захватывает свободные нейтроны. Если реактор работает в стабильном режиме, то атомы ^{135}Xe довольно быстро выгорают и на работу реактора не влияют. Однако, при резком и быстром снижении, по каким либо причинам, мощности реактора ксенон выгорать не успевает и начинает накапливаться в реакторе, значительно способствуя снижению мощности реактора. Нарастает явление так называемого ксенонового отравления реактора или «йодной ямы». В таких условиях реактором становится тяжело управлять, и он может выйти из под контроля. Инструкции требуют, чтобы оператор опустил управляющие стержни и окончательно остановил реактор, однако, 26 апреля 1986 г этого сделано не было, наоборот, мощность реактора была увеличена, что сыграло немаловажную роль в сценарии событий приведших к катастрофе.

Реактивность - это универсальная характеристика состояния реактора, происходящих в нем физических процессов, и поведения реактора во времени. Реактивность реактора, работающего на постоянном уровне мощности, равна нулю (критический реактор). Если реактивность больше нуля, то мощность реактора растет, он разгоняется. Если реактивность меньше нуля, то мощность падает, реактор глохнет.

5. Используя таблицу, постройте график зависимости реактивности реактора от времени с момента остановки реактора для потоков нейтронов $J = 10^{14}$ частиц в секунду на см^2 в условиях йодной ямы. Реактор РБМК-1000, используемый в ЧАЭС, можно активировать при



значении реактивности -0,1. Определите по графику, сколько времени жители Припяти имели бы перебои с электричеством.

Время с момента

остановки

реактора, ч

0 2 5 7 10 15 20 30 50 60

Реактивность

0 - - - - - - - - -
0,09 0,17 0,22 0,25 0,24 0,21 0,14 0,08 0,06

Справочные данные для расчетов:

$k = \ln 2 / T_{1/2}$; $t_{1/2} = 10,66$, где k – константа полураспада.