

Заочная олимпиада Летней многопрофильной школы - 2015

Химия

8-9 класс

№1.

В декабре произойдёт событие, которое с нетерпением ждут многие – премьера седьмого эпизода Звёздных войн.

Но в кино не без ошибок! Предлагаем Вам разобраться в одной из них.

Как вы догадываетесь, на Звезде Смерти была воздушная атмосфера, а Император был любителем пометать молнии в особо храбрых джедаев. Скажите, достаточно ли достоверно то, что происходит на экране? Должны ли происходить какие-либо изменения в составе атмосферы на корабле? Если да, то, какие видимые признаки вы можете указать? Подтвердите уравнениями реакций.

№2. Рассчитайте, сколько весит 1 моль макарон, если:

а) Спиралька весит 0,13 г, а её процентное содержание в природе 17%

б) Бантик весит 0,12 г, а его процентное содержание в природе 83%

Считайте спиральку и бантик за изотопы.

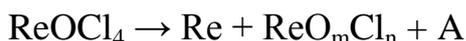
№3. Вам необходимо очистить газы от примесей воды. У Вас на выбор есть следующие осушители: $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}}$, P_2O_5 , $\text{KOH}_{\text{тв}}$, CaCl_2 Какими бы осушителями Вы воспользовались для осушки:

а) NH_3 б) H_2S в) CO

Объясните свой ответ.

№4. Получение рения высокой чистоты

Один из способов получения рения высокой чистоты основан на диспропорционировании Re^{+6} , входящего в состав оксохлорида ReOCl_4 . В процессе этой реакции образуется также другой оксохлорид этого металла (ReO_mCl_n), и выделяется простое газообразное вещество (А).



1) Приведите все возможные оксохлориды состава ReO_mCl_n , которые могут образовываться в качестве побочного продукта диспропорционирования ReOCl_4 при получении рения.

Установлено, что газ А не взаимодействует с углеродом, даже при нагревании. Всё газообразное вещество А, полученное при разложении 3.44 г ReOCl_4 , пропустили при нагревании через трубку с 0.56 г порошка железа, причем после окончания реакции железа в трубке не осталось.



2) Назовите газ А. Определите формулу вещества ReO_mCl_n . Напишите уравнения всех упомянутых реакций. Для реакции диспропорционирования запишите электронный баланс, укажите окислители и восстановители.

№5. Тепловой эффект химической реакции горения метана равен 890 кДж/моль, а для водорода этот показатель равен 242 кДж/моль. Какой газ выгоднее использовать на космических кораблях для получения тепла и почему?

№6. Известно что, в смеси солей могут содержаться следующие ионы: Ca^{2+} , Sr^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , PO_4^{3-} , Cl^- , SO_4^{2-} . Смесь твёрдых солей имеет жёлтый цвет, частично растворяется в воде, образуя желтый

раствор и жёлтую взвесь, полностью растворяется в серной кислоте, давая прозрачный раствор (раствор №1). При добавлении щёлочи в раствор №1 выпадает грязно-зелёный осадок (осадок №1), при добавлении избытка щёлочи и 3%-го раствора перекиси водорода осадок становится бурым (осадок №2), а раствор прозрачным (раствор №2). При добавлении к раствору №2 раствора гидроксида аммония выпадает белый аморфный осадок (осадок №2). При действии на осадок №2 раствора аммиака осадок частично растворяется (осадок №3), и образуется синий раствор (раствор №3). Осадок №3 полностью растворяется в азотной кислоте. При реакции раствора №3 с кристаллическим тиосульфатом натрия, видимых изменений не происходит. Также известно, что при взаимодействии раствора №1 с нитратом серебра, выпадает белый кристаллический осадок. Белый кристаллический осадок будет выпадать и в том случае, если растворить смесь твёрдых солей в азотной кислоте и добавить хлорид бария. При сливании раствора №1 с магниевой смесью (хлорид магния, хлорид аммония, аммиак) осадок не выпадает.

Определить, какие ионы содержатся в смеси. Написать уравнения всех упомянутых реакций.

№7. Минерал X образован катионом M, а так же анионами двух кислот – A и B. X находит широкое применение в промышленности, а также играет важную роль в организме человека.

- 1) Установите состав X, если известно, что при растворении 504 г X в избытке соляной кислоты образуется 555 г хлорида M, а так же смесь A и B в массовом соотношении 14.7:1. Известно также, что хлорид M находит широкое применение в лаборатории и пищевой промышленности. Кроме того, он используется в медицине для восполнения дефицита металла M в организме. Основное применение кислоты B – алюминевая промышленность. Кислота A –

распространённая пищевая добавка, а её соли находят применение в качестве удобрений.

- 2) Также X используется для получения простого в-ва Y. Одно из свойств Y – медленное окисление на воздухе. Напишите уравнение, описывающее промышленное получение Y из X.
- 3) Предложите другие возможные применения минерала X.

10 класс

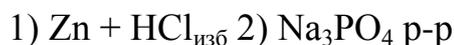
№1. «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан»

Расшифруйте цепочку химических превращений:



если известно, что:

- вещества A-G содержат элемент X;
- в веществе G массовая доля элемента X составляет 25%;
- E из D получается по следующей схеме:

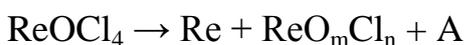


Все остальные процессы в цепочке одностадийные. Назовите соединения A-G. Напишите уравнения всех реакций, укажите условия их проведения.

№2. Получение рения высокой чистоты

Один из способов получения рения высокой чистоты основан на диспропорционировании

Re^{+6} , входящего в состав оксохлорида ReOCl_4 . В процессе этой реакции образуется также другой оксохлорид этого металла (ReO_mCl_n) и выделяется простое газообразное вещество (A).



- 1) Приведите все возможные оксохлориды состава ReO_mCl_n , которые могут образовываться в качестве побочного продукта диспропорционирования ReOCl_4 при получении рения.

Установлено, что газ А не взаимодействует с углеродом, даже при нагревании. Всё газообразное вещество А, полученное при разложении 3.44 г ReOCl_4 , пропустили при нагревании через трубку с 0.56 г порошка железа, причем после окончания реакции железа в трубке не осталось.



2) Назовите газ А. Определите формулу вещества ReO_mCl_n . Напишите уравнения всех упомянутых реакций. Для реакции диспропорционирования запишите электронный баланс, укажите окислители и восстановители.

№3. Горящие алкины

*«Математика для учёного – то же самое, что скальпель для анатома»
Нильс Абель*

Широко известно, что углеводороды – один из основных источников энергии на нашей планете. Для описания процессов горения этих веществ используют термохимические уравнения:



где Q – тепловой эффект реакции, характеризующий количество тепла, которое выделяется по ходу реакции и может измеряться в Дж/моль или Дж/г углеводорода.

Из экспериментальных данных известно, что зависимость *молярной* теплоты сгорания неразветвлённых алкинов от числа атомов углерода (n) в нём описывается следующим уравнением (в кДж/моль):

$$Q_{\text{сгорания}} = 658n - 26$$

1. Установите зависимость между числом атомов углерода в молекуле алкина и теплотой сгорания *1 грамма* этого алкина.
2. Постройте график этой зависимости.

3. После какого n разница между значениями этой величины для двух соседних алкинов не превышает 0,05 кДж/г?
4. Объясните, почему с ростом n эта величина становится постоянной?

№4. Четыре нитрата

Имеется сухая смесь четырёх нитратов – ртути, аммония, меди и железа. Не используя других реактивов, содержащих азот, выделите эти соли из смеси. Опишите порядок Ваших действий и напишите уравнения всех протекающих реакций.

№5. Вам необходимо очистить газы от примесей воды. У Вас на выбор есть следующие осушители: $H_2SO_{4\text{конц}}$, P_2O_5 , $KOH_{\text{тв}}$, $CaCl_2$

Какими бы осушителями Вы воспользовались для осушки:

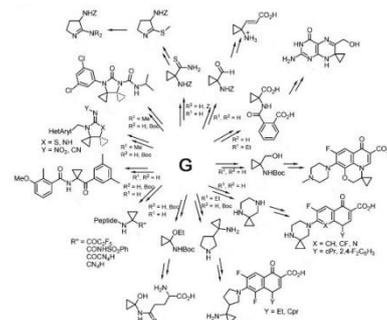
- а) NH_3
- б) H_2S
- в) CO

Объясните свой ответ.

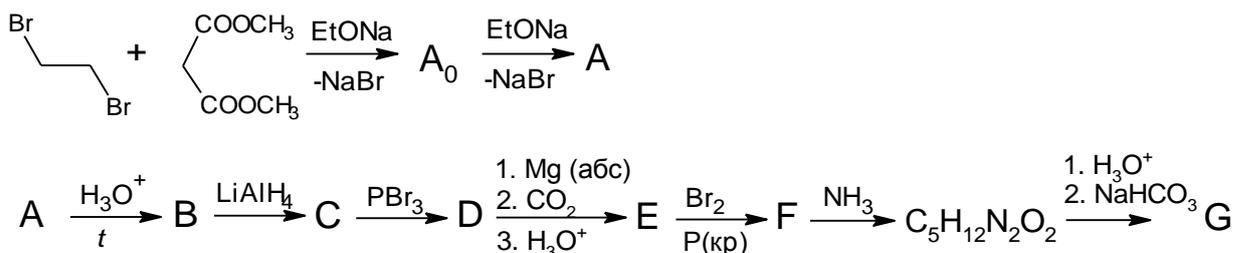
№6. Маленькая молекула – большие возможности.

Химия дает возможность человеку изучать и создавать огромное количество биологически активных веществ. Органики умеют синтезировать такие соединения из довольно простых молекул.

Так, однажды, юный химик Ваня, читая статью, удивился тому, сколько всего сделали авторы, используя в качестве исходного соединения вещество G, состав которого можно представить брутто-формулой $C_5H_9NO_2$. Вдохновившись работой ученых, Ваня решил провести свою серию опытов, для чего сначала ему необходимо было



синтезировать соединение G. Ване повезло, так как в лаборатории он нашел 1,2-дибромэтан и малоновый эфир. Известно, что протоны метиленовой группы малонového эфира являются кислыми, поэтому реакцию с ним нужно проводить в присутствии основания. В ходе первой реакции Ваня рассчитывает получить вещество A, которое можно ввести в дальнейшую цепочку превращений.



1. Какое строение имеет вещество A?
2. Напишите уравнения всех реакций. Укажите структурные формулы соединений В – G.
3. Предложите способ синтеза циклобутана из циклопропана.
4. Помогите Ване придумать такую молекулу, с брутто-формулой $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{NO}_2\text{Br}$, которая могла бы вступать во внутримолекулярную реакцию с образованием вещества X, гомолога G, с брутто-формулой $\text{C}_7\text{H}_{13}\text{NO}_2$.

Указания для п.3: при решении помните, что рKa карбоксильной группы меньше, чем рKa протона α -атома углерода, а также используйте сведения об активности первичного, вторичного и третичного амина.

№7. 3 синглета в ЯМР

Одним из основных методов анализа органических веществ в настоящее время является

спектроскопия ^1H -ЯМР. Этот метод позволяет определить химическое окружение атомов

водорода в органических молекулах.

Анализ спектров небольших молекул чрезвычайно прост и требует знания лишь нескольких несложных правил, среди которых:

1. Атомы водорода, расположенные в идентичных положениях в молекуле, дают один сигнал на спектре ЯМР.
2. Величина сигнала пропорциональна количеству идентичных атомов водорода.
3. Сигнал атома водорода имеет форму синглета (т. е. имеет один максимум), если у атома углерода, с которым он связан, нет соседей, связанных с атомами водородом (т. е. в молекуле нет атомов водорода на расстоянии ≤ 3 химических связи от данного).

Примеры:

1. Молекула метана имеет в спектре 1 синглетный сигнал с 4-кратной интенсивностью;
2. Молекула этана имеет 1 синглетный сигнал с 6-кратной интенсивностью.
3. Молекула пропана имеет 2 разных сигнала (интенсивность 6 и 2), ни один из которых не является синглетом.
4. Молекула бензола содержит 1 сигнал 6-кратной интенсивности, не являющийся синглетом.

Приведите структурные формулы трех углеводородов (А, Б и В), спектры ^1H -ЯМР которых содержат только 1 сигнал, этот сигнал является синглетом, причем интенсивность сигнала на спектрах всех трех веществ составляет одинаковую величину. Укажите интенсивность этого сигнала. Известно, что самое лёгкое из веществ А-В является алканом с массовой долей углерода 84.21%. Все три углеводорода относятся к разным классам (укажите их).