Новая версия задачи С2 в ЕГЭ по химии 2012. Особенности и подводные камни

В 2012 году предложена новая форма задания С2 — в виде текста, описывающего последовательность экспериментальных действий, которые нужно превратить в уравнения реакций.  
Трудность такого задания состоит в том, что школьники очень плохо представляют себе экспериментальную, не бумажную химию, не всегда понимают используемые термины и протекающие процессы. Попробуем разобраться.  
Очень часто понятия, которые химику кажутся совершенно ясными, абитуриентами воспринимаются неправильно, не так, как предполагалось. В словаре приведены примеры неправильного понимания.

Словарь непонятных терминов.

1. **Навеска** — это просто некоторая порция вещества определенной массы (её взвесили **на весах**). Она не имеет никакого отношения к навесу над крыльцом.
2. **Прокалить** — нагреть вещество до высокой температуры и греть до окончания химических реакций. Это не «смешивание с калием» и не «прокалывание гвоздём».
3. **«Взорвали смесь газов»** — это значит, что вещества прореагировали со взрывом. Обычно для этого используют электрическую искру. Колба или сосуд при этом **не взрываются**!
4. **Отфильтровать** — отделить осадок от раствора.
5. **Профильтровать** — пропустить раствор через фильтр, чтобы отделить осадок.
6. **Фильтрат** — это профильтрованный **раствор**.
7. **Растворение вещества** — это переход вещества в раствор. Оно может происходить без химических реакций (например, при растворении в воде поваренной соли NaCl получается раствор поваренной же соли NaCl, а не щелочь и кислота отдельно), либо в процессе растворения вещество реагирует с водой и образует раствор другого вещества (при растворении оксида бария получится раствор гидроксида бария). Растворять можно вещества не только в воде, но и в кислотах, в щелочах и т.д.
8. **Выпаривание** — это удаление из раствора воды и летучих веществ без разложения содержащихся в растворе твёрдых веществ.
9. **Упаривание** — это просто уменьшение массы воды в растворе с помощью кипячения.
10. **Сплавление** — это совместное нагревание двух или более твёрдых веществ до температуры, когда начинается их плавление и взаимодействие. С плаванием по реке ничего общего не имеет.
11. **Осадок и остаток.**Очень часто путают эти термины. Хотя это совершенно разные понятия. **«Реакция протекает с выделением осадка»** — это означает, что одно из веществ, получающихся в реакции, малорастворимо. Такие вещества выпадают на дно реакционного сосуда (пробирки или колбы). **«Остаток»** — это вещество, которое **осталось**, не истратилось полностью или вообще не прореагировало. Например, если смесь нескольких металлов обработали кислотой, а один из металлов не прореагировал — его могут назвать **остатком**.
12. **Насыщенный** раствор — это раствор, в котором при данной температуре концентрация вещества максимально возможная и больше уже не растворяется.  
    **Ненасыщенный** раствор — это раствор, концентрация вещества в котором не является максимально возможной, в таком растворе можно дополнительно растворить ещё какое-то количество данного вещества, до тех пор, пока он не станет насыщенным.  
    **Разбавленный** и **«очень» разбавленный** раствор — это весьма условные понятия, скорее качественные, чем количественные. Подразумевается, что концентрация вещества невелика.  
    Для кислот и щелочей также используют термин **«концентрированный»** раствор. Это тоже характеристика условная. Например, концентрированная соляная кислота имеет концентрацию всего около 40%. А концентрированная серная — это безводная, 100%-ная кислота.

Для того, чтобы решать такие задачи, надо чётко знать свойства большинства металлов, неметаллов и их соединений: оксидов, гидроксидов, солей. Необходимо повторить свойства азотной и серной кислот, перманганата и дихромата калия, окислительно-восстановительные свойства различных соединений, электролиз растворов и расплавов различных веществ, реакции разложения соединений разных классов, амфотерность, гидролиз солей и других соединений, взаимный гидролиз двух солей.  
Кроме того, необходимо иметь представление о цвете и агрегатном состоянии большинства изучаемых веществ — металлов, неметаллов, оксидов, солей.  
Именно поэтому мы разбираем этот вид заданий в самом конце изучения общей и неорганической химии. Рассмотрим несколько примеров подобных заданий.

1. **Пример 1:** Продукт взаимодействия лития с азотом обработали водой. Полученный газ пропустили через раствор серной кислоты до прекращения химических реакций. Полученный раствор обработали хлоридом бария. Раствор профильтровали, а фильтрат смешали с раствором нитрита натрия и нагрели.

**Решение:**

1. Литий реагирует с азотом при комнатной температуре, образуя твёрдый нитрид лития:  
   6Li + N2 = 2Li3N
2. При взаимодействии нитридов с водой образуется аммиак:  
   Li3N + 3H2O = 3LiOH + NH3
3. Аммиак реагирует с кислотами, образуя средние и кислые соли. Слова в тексте «до прекращения химических реакций» означают, что образуется средняя соль, ведь первоначально получившаяся кислая соль далее будет взаимодействовать с аммиаком и в итоге в растворе будет сульфат аммония:  
   2NH3 + H2SO4 = (NH4)2SO4
4. Обменная реакция между сульфатом аммония и хлоридом бария протекает с образованием осадка сульфата бария:  
   (NH4)2SO4 + BaCl2 = BaSO4 + 2NH4Cl
5. После удаления осадка фильтрат содержит хлорид аммония, при взаимодействии которого с раствором нитрита натрия выделяется азот, причём эта реакция идёт уже при 85 градусах:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| NH4Cl + NaNO2 | t° | N2 + 2H2O + NaCl |
| → |

1. **Пример 2: Навеску** алюминия растворили в разбавленной азотной кислоте, при этом выделялось газообразное простое вещество. К полученному раствору добавили карбонат натрия до полного прекращения выделения газа. Выпавший **осадок отфильтровали** и **прокалили**, фильтрат **упарили**, полученный твёрдый **остаток сплавили** с хлоридом аммония. Выделившийся газ смешали с аммиаком и нагрели полученную смесь.

**Решение:**

1. Алюминий окисляется азотной кислотой, образуя нитрат алюминия. А вот продукт восстановления азота может быть разным, в зависимости от концентрации кислоты. Но надо помнить, что при взаимодействии азотной кислоты с металлами **не выделяется водород**! Поэтому простым веществом может быть только азот:  
   10Al + 36HNO3 = 10Al(NO3)3 + 3N2 + 18H2O

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Al0 − 3e = Al3+ | | | 10 |
| 2N+5 + 10e = N20 | 3 |

1. Если к раствору нитрата алюминия добавить карбонат натрия, то идёт процесс взаимного гидролиза (карбонат алюминия не существует в водном растворе, поэтому катион алюминия и карбонат-анион взаимодействуют с водой). Образуется осадок гидроксида алюминия и выделяется углекислый газ:  
   2Al(NO3)3 + 3Na2CO3 + 3H2O = 2Al(OH)3↓ + 3CO2↑ + 6NaNO3
2. Осадок — гидроксид алюминия, при нагревании разлагается на оксид и воду:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 2Al(OH)3 | t° | Al2O3 + 3H2O |
| → |

1. В растворе остался нитрат натрия. При его сплавлении с солями аммония идёт окислительно-восстановительная реакция и выделяется оксид азота (I) (такой же процесс происходит при прокаливании нитрата аммония):  
   NaNO3 + NH4Cl = N2O + 2H2O + NaCl
2. Оксид азота (I) — является активным окислителем, реагирует с восстановителями, образуя азот:  
   3N2O + 2NH3 = 4N2 + 3H2O
3. **Пример 3:** Оксид алюминия сплавили с карбонатом натрия, полученное твёрдое вещество растворили в воде. Через полученный раствор пропускали сернистый газ до полного прекращения взаимодействия. Выпавший осадок отфильтровали, а к профильтрованному раствору прибавили бромную воду. Полученный раствор нейтрализовали гидроксидом натрия.

**Решение:**

1. Оксид алюминия — амфотерный оксид, при сплавлении со щелочами или карбонатами щелочных металлов образует алюминаты:  
   Al2O3 + Na2CO3 = 2NaAlO2 + CO2
2. Алюминат натрия при растворении в воде образует гидроксокомплекс:  
   NaAlO2 + 2H2O = Na[Al(OH)4]
3. Растворы гидроксокомплексов реагируют с кислотами и кислотными оксидами в растворе, образуя соли. Однако, сульфит алюминия в водном растворе не существует, поэтому будет выпадать осадок гидроксида алюминия. Обратите внимание, что в реакции получится кислая соль — гидросульфит калия:  
   Na[Al(OH)4] + SO2 = NaHSO3 + Al(OH)3
4. Гидросульфит калия является восстановителем и окисляется бромной водой до гидросульфата:  
   NaHSO3 + Br2 + H2O = NaHSO4 + 2HBr
5. Полученный раствор содержит гидросульфат калия и бромоводородную кислоту. При добавлении щелочи нужно учесть взаимодействие с ней обоих веществ:

NaHSO4 + NaOH = Na2SO4 + H2O  
HBr + NaOH = NaBr + H2O

1. **Пример 4:** Сульфид цинка обработали раствором соляной кислоты, полученный газ пропустили через избыток раствора гидроксида натрия, затем добавили раствор хлорида железа (II). Полученный осадок подвергли обжигу. Полученный газ смешали с кислородом и пропустили над катализатором.

**Решение:**

1. Сульфид цинка реагирует с соляной кислотой, при этом выделяется газ — сероводород:  
   ZnS + HCl = ZnCl2 + H2S
2. Сероводород — в водном растворе реагирует со щелочами, образуя кислые и средние соли. Поскольку в задании говорится про избыток гидроксида натрия, следовательно, образуется средняя соль — сульфид натрия:  
   H2S + NaOH = Na2S + H2O
3. Сульфид натрия реагирует с хлоридом двухвалентного железа, образуется осадок сульфида железа (II):  
   Na2S + FeCl2 = FeS + NaCl
4. Обжиг — это взаимодействие твёрдых веществ с кислородом при высокой температуре. При обжиге сульфидов выделяется сернистый газ и образуется оксид железа (III):  
   FeS + O2 = Fe2O3 + SO2
5. Сернистый газ реагирует с кислородом в присутствии катализатора, образуя серный ангидрид:  
   SO2 + O2 = SO3
6. **Пример 5:** Оксид кремния прокалили с большим избытком магния. Полученную смесь веществ обработали водой. При этом выделился газ, который сожгли в кислороде. Твёрдый продукт сжигания растворили в концентрированном растворе гидроксида цезия. К полученному раствору добавили соляную кислоту.

**Решение:**

1. При восстановлении оксида кремния магнием образуется кремний, который реагирует с избытком магния. При этом получается силицид магния:

SiO2 + Mg = MgO + Si  
Si + Mg = Mg2Si

Можно записать при большом избытке магния суммарное уравнение реакции:  
SiO2 + Mg = MgO + Mg2Si

1. При растворении в воде полученной смеси растворяется силицид магния, образуется гидроксид магния и силан (окисд магния реагирует с водой только при кипячении):  
   Mg2Si + H2O = Mg(OH)2 + SiH4
2. Силан при сгорании образует оксид кремния:  
   SiH4 + O2 = SiO2 + H2O
3. Оксид кремния — кислотный оксид, он реагирует со щелочами, образуя силикаты:  
   SiO2 + CsOH = Cs2SiO3 + H2O
4. При действии на растворы силикатов кислот, более сильных, чем кремниевая, она выделяется в виде осадка:  
   Cs2SiO3 + HCl = CsCl + H2SiO3

Задания для самостоятельной работы.

1. Нитрат меди прокалили, полученный твёрдый осадок растворили в серной кислоте. Через раствор пропустили сероводород, полученный чёрный осадок подвергли обжигу, а твёрдый остаток растворили при нагревании в концентрированной азотной кислоте.
2. Фосфат кальция сплавили с углём и песком, затем полученное простое вещество сожгли в избытке кислорода, продукт сжигания растворили в избытке едкого натра. К полученному раствору прилили раствор хлорида бария. Полученный осадок обработали избытком фосфорной кислоты.
3. Медь растворили в концентрированной азотной кислоте, полученный газ смешали с кислородом и растворили в воде. В полученном растворе растворили оксид цинка, затем к раствору прибавили большой избыток раствора гидроксида натрия.
4. На сухой хлорид натрия подействовали концентрированной серной кислотой при слабом нагревании, образующийся газ пропустили в раствор гидроксида бария. К полученному раствору прилили раствор сульфата калия. Полученный осадок сплавили с углем. Полученное вещество обработали соляной кислотой.
5. Навеску сульфида алюминия обработали соляной кислотой. При этом выделился газ и образовался бесцветный раствор. К полученному раствору добавили раствор аммиака, а газ пропустили через раствор нитрата свинца. Полученный при этом осадок обработали раствором пероксида водорода.
6. Порошок алюминия смешали с порошком серы, смесь нагрели, полученное вещество обработали водой, при этом выделился газ и образовался осадок, к которому добавили избыток раствора гидроксида калия до полного растворения. Этот раствор выпарили и прокалили. К полученному твёрдому веществу добавили избыток раствора соляной кислоты.
7. Раствор иодида калия обработали раствором хлора. Полученный осадок обработали раствором сульфита натрия. К полученному раствору прибавили сначала раствор хлорида бария, а после отделения осадка — добавили раствор нитрата серебра.
8. Серо-зелёный порошок оксида хрома (III) сплавили с избытком щёлочи, полученное вещество растворили в воде, при этом получился тёмно-зелёный раствор. К полученному щелочному раствору прибавили пероксид водорода. Получился раствор желтого цвета, который при добавлении серной кислоты приобретает оранжевый цвет. При пропускании сероводорода через полученный подкисленный оранжевый раствор он мутнеет и вновь становится зелёным.
9. (МИОО 2011, тренинговая работа) Алюминий растворили в концентрированном растворе гидроксида калия. Через полученный раствор пропускали углекислый газ до прекращения выделения осадка. Осадок отфильтровали и прокалили. Полученный твердый остаток сплавили с карбонатом натрия.
10. (МИОО 2011, тренинговая работа) Кремний растворили в концентрированном растворе гидроксида калия. К полученному раствору добавили избыток соляной кислоты. Помутневший раствор нагрели. Выделившийся осадок отфильтровали и прокалили с карбонатом кальция. Напишите уравнения описанных реакций.

Ответы к заданиям для самостоятельного решения:

1. **Cu(NO3)2 → CuO → CuSO4 → CuS →СuO → Cu(NO3)2**

2Cu(NO3)2 = 2CuO + 4NO2 + O2

CuO + H2SO4 = CuSO4 + H2O

CuSO4 + H2S = CuS + H2SO4

2CuS + 3O2 = 2CuO + 2SO2

CuO + 2HNO3 = Cu(NO3)2 + H2O

1. **Ca3(PO4)2 → P → P2O5 →Na3PO4 → Ba3(PO4)2 → BaHPO4 или Ba(H2PO4)2**

Ca3(PO4)2 + 5C + 3SiO2 = 3CaSiO3 + 2P + 5CO

4P + 5O2 = 2P2O5

P2O5 + 6NaOH = 2Na3PO4 + 3H2O

2Na3PO4 + 3BaCl2 = Ba3(PO4)2 + 6NaCl

Ba3(PO4)2 + 4H3PO4 = 3Ba(H2PO4)2

1. **Cu → NO2 → HNO3 → Zn(NO3)2 → Na2[Zn(OH)4]**

Cu + 4HNO3 = Cu(NO3)2 + 2NO2 + 2H2O

4NO2 + O2 + 2H2O = 4HNO3

ZnO + 2HNO3 = Zn(NO3)2 + H2O

Zn(NO3)2 + 4NaOH = Na2[Zn(OH)4] + 2NaNO3

1. **NaCl → HCl →BaCl2 → BaSO4 → BaS → H2S**

2NaCl + H2SO4 = 2HCl + Na2SO4

2HCl + Ba(OH)2 = BaCl2 + 2H2O

BaCl2 + K2SO4 = BaSO4 + 2KCl

BaSO4 + 4C = BaS + 4CO

BaS + 2HCl = BaCl2 + H2S

|  |  |
| --- | --- |
| **Al2S3** | **→ H2S → PbS →PbSO4** |
| **↓** |  |
| **AlCl3** | **→ Al(OH)3** |

1. Al2S3 + 6HCl = 3H2S + 2AlCl3
2. AlCl3 + 3NH3 + 3H2O = Al(OH)3 + 3NH4Cl
3. H2S + Pb(NO3)2 = PbS + 2HNO3
4. PbS + 4H2O2 = PbSO4 + 4H2O
5. **Al → Al2S3 → Al(OH)3 →K[Al(OH)4] → KAlO2 →AlCl3**

2Al + 3S = Al2S3

Al2S3 + 6H2O = 3H2S + 2Al(OH)3

Al(OH)3 + KOH = K[Al(OH)4]

K[Al(OH)4] = KAlO2 + 2H2O

KAlO2 + 4HCl = KCl + AlCl3 + 2H2O

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **KI →** | **I2** | **→ HI → AgI** |
|  | **↓** |  |
|  | **Na2SO4 → BaSO4** | |

1. 2KI + Cl2 = 2KCl + I2
2. I2 + Na2SO3 + H2O = 2HI + Na2SO4
3. BaCl2 + Na2SO4 = BaSO4 + 2NaCl
4. HI + AgNO3 = AgI + HNO3
5. **Cr2O3 → KCrO2 → K[Cr(OH)4] →K2CrO4 →K2Cr2O7 → Cr2(SO4)3**

Cr2O3 + 2KOH = 2KCrO2 + H2O

2KCrO2 + 3H2O2 + 2KOH = 2K2CrO4 + 4H2O

2K2CrO4 + H2SO4 = K2Cr2O7 + K2SO4 + H2O

K2Cr2O7 + 3H2S + 4H2SO4 = 3S + Cr2(SO4)3 + K2SO4 + 7H2O

1. **Al → K[Al(OH)4] → Al(OH)3 → Al2O3 → NaAlO2**

2Al + 2KOH + 6H2O = 2K[Al(OH)4] + 3H2

K[Al(OH)4] + CO2 = KHCO3 + Al(OH)3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 2Al(OH)3 | t° | Al2O3 + 3H2O |
| → |

Al2O3 + Na2CO3 = 2NaAlO2 + CO2

1. **Si → K2SiO3 → H2SiO3 → SiO2 → CaSiO3**

Si + 2KOH + H2O = K2SiO3 + 2H2K2SiO3 + 2HCl = H2SiO3 + 2KCl

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| H2SiO3 | t° | H2O + SiO2 |
| → |

SiO2 + CaCO3 = CaSiO3 + CO2