**Кислые соли**

**Задания на применение знаний о кислых солях встречаются в вариантах работ ЕГЭ  
на разных уровнях сложности. Поэтому при подготовке учащихся к сдаче ЕГЭ  
нужно рассмотреть следующие вопросы.**

**1. Определение и номенклатура.**

Кислые соли – это продукты неполного замещения атомов водорода многоосновных кислот на металл. Номенклатура кислых солей отличается от средних только добавлением приставки «гидро…» или «дигидро…» к названию соли, например: NaHCO3 – *гидрокарбонат* натрия, Са(Н2РО4)2 – *дигидрофосфат* кальция.

**2. Получение.**

Кислые соли получаются при взаимодействии кислот с металлами, оксидами металлов, гидроксидами металлов, солями, аммиаком, если кислота в избытке.

Например:

Zn + 2H2SO4 = H2 + Zn(HSO4)2,

CaO + H3PO4 = CaHPO4 + H2O,

NaOH + H2SO4 = H2O + NaHSO4,

Na2S + HCl = NaHS + NaCl,

NH3 + H3PO4 = NH4H2PO4,

2NH3 + H3PO4 = (NH4)2HPO4.

Также кислые соли получаются при взаимодействии кислотных оксидов со щелочами, если оксид в избытке. Например:

CO2 + NaOH = NaHCO3,

2SO2 + Ca(OH)2 = Ca(HSO3)2.

**3. Взаимопревращения.**

Средняя соль http://him.1september.ru/2009/15/strlki.gif кислая соль; например:

K2СО3 http://him.1september.ru/2009/15/strlki.gif KНСО3.

Чтобы из средней соли получить кислую, нужно добавить избыток кислоты или соответствующего оксида и воды:

K2СО3 + Н2О + СО2 = 2KНСО3.

Чтобы из кислой соли получить среднюю, нужно добавить избыток щелочи:

KНСО3 + KОН = K2СО3 + Н2О.

Гидрокарбонаты разлагаются с образованием карбонатов при кипячении:

2KНСО3http://him.1september.ru/2009/15/t-1.gif K2СО3 + Н2О + СО2.

**4. Свойства.**

Кислые соли проявляют свойства кислот, взаимодействуют с металлами, оксидами металлов, гидроксидами металлов, солями.

Например:

2KНSO4 + Mg = H2http://him.1september.ru/2009/15/sverh.gif + MgSO4+ K2SO4,

2KHSO4 + MgO = H2O + MgSO4 + K2SO4,

2KHSO4 + 2NaOH = 2H2O + K2SO4 + Na2SO4,

2KHSO4 + Cu(OH)2 = 2H2O + K2SO4 + CuSO4,

2KHSO4 + MgCO3 = H2O + CO2http://him.1september.ru/2009/15/sverh.gif + K2SO4 + MgSO4,

2KHSO4 + BaCl2 = BaSO4http://him.1september.ru/2009/15/svniz.gif + K2SO4 + 2HCl.

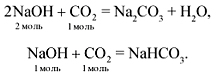
**5. Задачи на кислые соли. Образование одной соли.**

При решении задач на избыток и недостаток нужно помнить о возможности образования кислых солей, поэтому сначала составляют уравнения всех возможных реакций. После нахождения количеств реагирующих веществ делают вывод о том, какая соль получится, и решают задачу по соответствующему уравнению.

З а д а ч а 1. Через раствор, содержащий 60 г NaOH, пропустили 44,8 л СО2. Найти массу образовавшейся соли.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано:* | *Найти:* *m*(соли). |
| *m*(NaOH) = 60 г, |  |
| *V*(CO2) = 44,8 л. |  |

Р е ш е н и е



http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(NaOH) = *m*/*M* = 60 (г)/40 (г/моль) = 1,5 моль;

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(СО2) = *V*/*Vm* = 44,8 (л)/22,4 (л/моль) = 2 моль.

Поскольку http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(NaOH) : http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(CO2) = 1,5 : 2 = 0,75 : 1, то делаем вывод, что СО2 в избытке, следовательно, получится кислая соль:

NaOH + CO2 = NaHCO3.

Количество вещества образовавшейся соли равно количеству вещества прореагировавшего гидроксида натрия:

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(NaHCO3) = 1,5 моль.

*m*(NaHCO3) = *M* •http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif = 84 (г/моль)•1,5 (моль) = 126 г.

*Ответ: m*(NaHCO3) = 126 г.

З а д а ч а 2. Оксид фосфора(V) массой 2,84 г растворили в 120 г 9%-й ортофосфорной кислоты. Полученный раствор прокипятили, затем к нему добавили 6 г гидроксида натрия. Найти массу полученной соли.

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано:* | *Найти:* *m*(соли). |
| *m*(P2O5) = 2,84 г, |  |
| *m(*р-ра)(H3PO4) = 120 г, |  |
| http://him.1september.ru/2009/15/o1.gif(H3PO4) = 9 %, |  |
| *m*(NaOH) = 6 г. |  |

Р е ш е н и е

http://him.1september.ru/2009/15/23-2.jpg

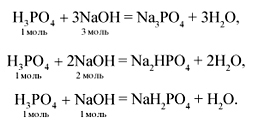
http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(P2O5) = *m*/*M* = 2,84 (г)/142 (г/моль) = 0,02 моль,

следовательно, http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif1(H3PO4получ.) = 0,04 моль.

*m*(H3PO4) = *m*(р-ра)•http://him.1september.ru/2009/15/o1.gif = 120 (г)•0,09 = 10,8 г.

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif2(H3PO4) = *m*/*M* = 10,8 (г)/98 (г/моль) = 0,11 моль,

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(H3PO4) = http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif1 + http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif2 = 0,11 + 0,04 = 0,15 моль.



http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(NaOH) = *m*/*M* = 6 (г)/40 (г/моль) = 0,15 моль.

Поскольку

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(H3PO4) : http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(NaOH) = 0,15 : 0,15 = 1 : 1,

то получится дигидрофосфат натрия:

http://him.1september.ru/2009/15/24-1.jpg

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(NaH2PO4) = 0,15 моль,

*m*(NaH2PO4) = M•http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif = 120 (г/моль)•0,15 (моль) = 18 г.

*Ответ: m*(NaH2PO4) = 18 г.

З а д а ч а 3. Сероводород объемом 8,96 л пропустили через 340 г 2%-го раствора аммиака. Назовите соль, получившуюся в результате реакции, и определите ее массу.

*Ответ:*гидросульфид аммония,  
*m*(NH4HS) = 20,4 г.

З а д а ч а 4. Газ, полученный при сжигании 3,36 л пропана, прореагировал с 400 мл 6%-го раствора гидроксида калия (http://him.1september.ru/2009/15/r.gif = 1,05 г/мл). Найти состав полученного раствора и массовую долю соли в полученном растворе.

*Ответ:* http://him.1september.ru/2009/15/o1.gif(KНСО3) = 10,23 %.

З а д а ч а 5. Весь углекислый газ, полученный при сжигании 9,6 кг угля, пропустили через раствор, содержащий 29,6 кг гидроксида кальция. Найти массу полученной соли.

*Ответ: m*(Ca(HCO3)2) = 64,8 кг.

З а д а ч а 6. В 9,8 кг 20%-го раствора серной кислоты растворили 1,3 кг цинка. Найти массу полученной соли.

*Ответ: m*(ZnSO4) = 3,22 кг.

**6. Задачи на кислые соли. Образование смеси двух солей.**

Это более сложный вариант задач на кислые соли. В зависимости от количества реагирующих веществ возможно образование смеси двух солей.

Например, при нейтрализации оксида фосфора(V) щелочью в зависимости от молярного соотношения реагентов могут образоваться следующие продукты:

P2O5 + 6NaOH = 2Na3PO4 + 3H2O,

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(P2O5):http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(NaOH) = 1:6;

P2O5 + 4NaOH = 2Na2HPO4 + H2O,

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(P2O5):http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(NaOH) = 1:4;

P2O5 + 2NaOH + H2O = 2NaH2PO4,

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(P2O5):http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(NaOH) = 1:2.

Следует помнить, что при неполной нейтрализации возможно образование смеси двух соединений. При взаимодействии 0,2 моль Р2О5 с раствором щелочи, содержащим 0,9 моль NaOH, молярное соотношение находится между 1:4 и 1:6. В этом случае образуется смесь двух солей: фосфата натрия и гидрофосфата натрия.

Если раствор щелочи будет содержать 0,6 моль NaOH, то молярное соотношение будет другим: 0,2:0,6 = 1:3, оно находится между 1:2 и 1:4, поэтому получится смесь двух других солей: дигидрофосфата и гидрофосфата натрия.

Эти задачи можно решать разными способами. Мы будем исходить из предположения, что одновременно происходят две реакции.

А л г о р и т м  р е ш е н и я

**1.** Составить уравнения всех возможных реакций.

**2.** Найти количества реагирующих веществ и по их соотношению определить уравнения двух реакций, которые происходят одновременно.

**3.** Обозначить количество одного из реагирующих веществ в первом уравнении как *х* моль, во втором – *у*моль.

**4.** Выразить через *х* и *у* количества другого реагирующего вещества согласно молярным соотношениям по уравнениям.

**5.** Составить систему уравнений с двумя неизвестными.

З а д а ч а 1. Оксид фосфора(V), полученный при сжигании 6,2 г фосфора, пропустили через 200 г 8,4%-го раствора гидроксида калия. Какие вещества и в каких количествах получаются?

|  |  |
| --- | --- |
| *Дано:* | *Найти:*http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif1; http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif2. |
| *m*(P) = 6,2 г, |  |
| *m*(р-ра KОН) = 200 г, |  |
| http://him.1september.ru/2009/15/o1.gif(KОН) = 8,4 %. |  |

Р е ш е н и е

http://him.1september.ru/2009/15/25-3.jpg

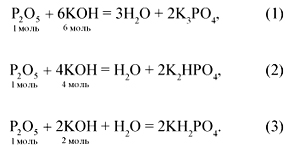
http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(P) = *m*/*M* = 6,2 (г)/31 (г/моль) = 0,2 моль,

следовательно, http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(P2O5) = 0,1 моль.

*m*(KOH) = http://him.1september.ru/2009/15/o1.gif•*m*(р-ра) = 0,084•200 (г) = 16,8 г,

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(KOH) = *m*/*M* = 16,8 (г)/56 (г/моль) = 0,3 моль.

Уравнения возможных реакций:



http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(Р2О5):http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(KОН) = 0,1:0,3 = 1:3, следовательно, получится смесь двух солей – гидрофосфата и дигидрофосфата калия (уравнения 2 и 3).

Обозначим http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(Р2О5) в уравнении (2) как *х* моль, а http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(Р2О5) в уравнении (3) как *у* моль, тогда потребуется: http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(KОН) = 4*х* + 2*у*.

Составим систему уравнений:

http://him.1september.ru/2009/15/25-2.jpg

*х* = 0,1 – *у*,

4(0,1 – *у*) + 2*у* = 0,3,

0,4 – 4*у* + 2*у* = 0,3,

2*у* = 0,1, *у* = 0,05,

*х* = 0,1 – 0,05 = 0,05.

Поскольку количество вещества образующейся соли вдвое больше количества вещества вступившего в реакцию оксида фосфора(V), то получится по 0,1 моль гидро- и дигидрофосфата калия:

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(P2O5)2 = 0,05 моль —> http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(K2НРО4) = 0,1 моль,

http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(Р2О5)3 = 0,05 моль —> http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(KН2РО4) = 0,1 моль.

*Ответ:* http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif(K2НРО4) = 0,1 моль,  
http://him.1september.ru/2009/15/nu.gif( KН2РО4) = 0,1 моль.

З а д а ч а 2. Найти массы и массовые доли солей, полученных при растворении 22,4 л углекислого газа в 480 г 10%-го раствора гидроксида натрия.

*Ответ: m*(Na2CO3) = 21,2 г, http://him.1september.ru/2009/15/o1.gif(Na2CO3) = 4,05%  
*m*(NaHCO3) = 67,2 г, http://him.1september.ru/2009/15/o1.gif(NaHCO3) = 12,82 %.

З а д а ч а 3. Найти массовые доли солей в растворе, полученном при пропускании 100 м3аммиака через 500 кг 50%-го раствора фосфорной кислоты.

*Ответ.* http://him.1september.ru/2009/15/o1.gif((NH4)2HPO4) = 43,8 %,  
http://him.1september.ru/2009/15/o1.gif(NH4H2PO4) = 12,8 %.

З а д а ч а 4. К 50 г раствора ортофосфорной кислоты с массовой долей 11,76 % прибавили 150 г раствора гидроксида калия с массовой долей 5,6 %. Найти состав остатка, полученного при выпаривании раствора.

*Ответ: m*(K3PO4) = 6,36 г,  
*m*(K2HPO4) = 5,22 г.

З а д а ч а 5. Сожгли 5,6 л бутана (н.у.) и образовавшийся углекислый газ пропустили через раствор, содержащий 102,6 г гидроксида бария. Найти массы полученных солей.

*Ответ: m*(BaCO3) = 39,4 г,  
*m*(Ba(HCO3)2) = 103,6 г.

**Г.С.ОСНОВСКАЯ,  
учитель химии средней школы № 7  
(г. Великие Луки, Псковская обл.)**

Информация с сайта http://him.1september.ru/view\_article.php?id=200901505