

Подмосковная олимпиада школьников по химии

2 тур

Решение

Предварительные испытания и наблюдения:				
Смесь состоит из кристаллов двух видов. Индивидуальная соль из одинаковых кристаллов.				
Индивидуальное вещество и смесь следует разделить ~ на 2-3 части, из 1/2 -1/3 части приготовить ~ по 3-4 мл раствора.				
Индивидуальная соль растворяется в воде; смесь растворяется частично – образуется нерастворимый в воде осадок.				
Возможные варианты растворимых солей: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ или NH_4Cl и CaCl_2 .				
По таблице растворимости в воде не растворяется CaCO_3 ; CaSO_4 – малорастворим. Осадок отделяется от раствора фильтрованием.				
При обработке осадка раствором HCl наблюдается выделение CO_2 , следовательно, нерастворимая соль CaCO_3 .				
При добавлении HCl к фильтрату и другому раствору газообразования нет, следовательно, эти две соли являются соответственно сульфатом и хлоридом.				
Идентификация солей				
№	Катион или анион	Реагент	Эффект реакции	Вывод
1	CaCO_3 (осадок)	HCl	Выделение газа	Обнаружен карбонат-ион, определен карбонат кальция.
2	Cl^- и SO_4^{2-} (фильтрат и раствор)	HCl	Нет выделения газа	Растворимые соли не являются карбонатами
3	Cl^- (раствор)	AgNO_3	Белый творожистый осадок	Обнаружен хлорид-ион
4	SO_4^{2-} (фильтрат)	BaCl_2	Белый осадок нерастворимый в HCl и NaOH	Обнаружен сульфат-ион

5	SO ₄ ²⁻ (фильтрат)	AgNO ₃	Раствор мутнеет	Обнаружен сульфат-ион
6	NH ₄ ⁺ (фильтрат)	NaOH	При нагревании на водяной бане выделение NH ₃ , изменение цвета влажной индикаторной бумаги. Белый осадок Ca(OH) ₂ не образовался.	Обнаружен катион аммония Подтверждено отсутствие катиона Ca ²⁺
7	Ca ²⁺ (раствор)	NaOH	Белый осадок Ca(OH) ₂	Обнаружен катион кальция.

Уравнения реакций:

1. CaCO₃ + 2HCl = CaCl₂ + H₂O + ↑CO₂ – выделение газа
2. CaCl₂ + 2AgNO₃ = Ca(NO₃)₂ + 2AgCl – белый творожистый осадок
3. CaCl₂ + 2NaOH = 2NaCl + Ca(OH)₂↓ - белый осадок (при нагревании образование осадка усиливается)
4. Ca(OH)₂↓ + 2HCl = CaCl₂ + 2H₂O – растворение осадка
5. (NH₄)₂SO₄ + BaCl₂ = 2NH₄Cl + BaSO₄↓ - белый осадок
6. (NH₄)₂SO₄ + 2NaOH = Na₂SO₄ + 2H₂O + 2NH₃↑ - при нагревании выделяется аммиак, и меняется цвет влажной индикаторной бумаги.
7. (NH₄)₂SO₄ + 2AgNO₃ = 2NH₄NO₃ + Ag₂SO₄↓ - раствор мутнеет

Вывод: склянка № «X» - соль CaCl₂·6H₂O;

склянка № «У» - смесь (NH₄)₂SO₄ и CaCO₃.

Одна из солей кальция является кристаллогидратом и при нагревании теряет кристаллизационную воду, другая соль разлагается.

Вычисление формулы кристаллогидрата хлорида кальция.

1. Кристаллогидратом является хлорид кальция, значит формула кристаллогидрата CaCl₂·nH₂O.
2. M(CaCl₂) = 111 г/моль, M(H₂O) = 18 г/моль.
3. ω(H₂O) = 49,3 %, ω(CaCl₂) = 100% - 49,3% = 50,7%;
4. Молярная масса кристаллогидрата хлорида кальция:
M(CaCl₂·nH₂O) = M(CaCl₂):ω(CaCl₂) = 111 г/моль:0,507 = 219 г/моль
5. Масса воды в кристаллогидрате: m(H₂O) = 219 – 111 = 108 г/моль.
6. n(H₂O) = m(H₂O):M(H₂O) = 108:18 = 6, следовательно, формула кристаллогидрата хлорида кальция: CaCl₂·6H₂O.

Разложение карбоната кальция:

t°

1. CaCO₃ → CaO + CO₂↑
2. M(CaCO₃) = 100 г/моль, M(CO₂) = 44 г/моль, M(CaO) = 56 г/моль.

3. $\omega(\text{CaO}) = m(\text{CaO}) : m(\text{CaCO}_3) = 56:100 = 0,56$ или 56%
 $100\% - 56\% = 44\%$.

4. Содержание CaO в CaCO₃ составляет 56%; 44% - потеря массы за счет выделения углекислого газа по уравнению реакции.

Система оценивания:

1	Определение индивидуальной соли и смеси солей (правильно указаны номера склянок)	1 балл
2	Идентификация каждой соли по 5 баллов (учесть правильность написания формул солей, правильно указаны номера склянок)	15 баллов
3	Протокол решения задачи (в любой форме)	2 балла
4	Уравнения 1-7 по 1 баллу	7 баллов
5	Объяснение потери массы кристаллогидратом. Формула кристаллогидрата хлорида кальция – 1 балл с расчетом кристаллизационной воды – 4 балла	5 баллов
6	Объяснение потери массы карбонатом кальция при разложении	5 баллов
	ИТОГО:	35 баллов