

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач» (химия)

2019 год

Задача №2 (25 баллов)

Вариант 1

Навеску соли двухвалентного металла растворили в воде, полученный раствор разделили на две равные части. Первую часть раствора подвергли электролизу с инертными электродами в течение некоторого времени, при этом, масса одного из электродов увеличилась на 0,384 г, а для полного осаждения катионов металла, оставшихся в растворе, потребовалось 8 г 2%-ного раствора гидроксида натрия. Для осаждения анионов из второй части раствора понадобилось 160 мл 0,1 М раствора нитрата серебра, масса получившегося осадка оказалась равной 2,296 г. Определите формулу исходной соли.

Решение и критерии оценивания решения задачи:

Элементы ответа	Решение	Баллы
Составлены уравнения реакций в общем виде	В растворе: $\text{MX}_2 \rightarrow \text{M}^{+2} + 2\text{X}^-$ (1) На катоде: $\text{K}(-) \text{M}^{+2} + 2\bar{e} = \text{M}\downarrow$ (2) На аноде: $\text{A}(+) 2\text{X}^- - 2\bar{e} = \text{X}_2\uparrow$ (3) $\text{M}^{+2} + 2\text{X}^- = \text{M}\downarrow + \text{X}_2\uparrow$ (4) $\text{MX}_2 + 2\text{NaOH} = \text{M}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaX}$ (5) $\text{MX}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{M}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgX}\downarrow$ (6)	6
Рассчитано количество вещества нитрата серебра	$n(\text{AgNO}_3) = V \cdot C / 1000 = 0,16 \cdot 0,1 = 0,016$ моль	2
Определены количества осадка соли серебра и неизвестной соли.	По уравнению (6) $n(\text{AgNO}_3) = n(\text{AgX}) = 0,016$ моль $n(\text{MX}_2) = 0,5 \cdot n(\text{AgNO}_3) = 0,5 \cdot 0,016 = 0,008$ моль	4
Рассчитана молярная масса осадка соли серебра	$M(\text{AgX}) = m/n = 2,296 \text{ г} / 0,016 \text{ моль} = 143,5$ г/моль $\text{Ar}(\text{X}) = 143,5 - 108 = 35,5 \Rightarrow$ искомая соль - хлорид	4
Рассчитаны масса и количество вещества гидроксида натрия	$m(\text{NaOH}) = \omega \cdot m_{\text{р-ра}} / 100\% = (8 \text{ г} \cdot 2\%) / 100\% = 0,16 \text{ г}$ $n(\text{NaOH}) = m / M = 0,16 \text{ г} / 40 \text{ г/моль} = 0,004$ моль	2
Определено количество соли, прореагировавшей с гидроксидом натрия	По уравнению (5) $n(\text{MX}_2) = 0,5 \cdot n(\text{NaOH}) = 0,002$ моль соли осталось после электролиза	2
Определено количество соли, подвергшейся электролизу	$n(\text{MX}_2)_{\text{подв. эл.}} = n(\text{MX}_2)_{\text{исх.}} - n(\text{MX}_2)_{\text{ост.}} = 0,008 \text{ моль} - 0,002 \text{ моль} = 0,006 \text{ моль}$	2
Рассчитана молярная масса металла	По уравнению (4) $M(\text{металла}) = m/n = 0,384 \text{ г} / 0,006 \text{ моль} = 64 \text{ г/моль} \Rightarrow$ искомый металл – медь.	2
Записана формула искомой соли	CuCl_2	1
	Максимальный балл	25

Вариант 2

Навеску соли двухвалентного металла растворили в воде, полученный раствор разделили на две равные части. Первую часть раствора подвергли электролизу с инертными электродами в течение некоторого времени, при этом, масса одного из электродов увеличилась на 0,16 г, а для полного осаждения катионов металла, оставшихся в растворе, потребовалось 2,8 г 2%-ного раствора гидроксида калия. Для осаждения анионов из второй части раствора понадобилось 60 мл 0,1 М раствора нитрата серебра, масса получившегося осадка оказалась равной 1,128 г. Определите формулу исходной соли.

Решение и критерии оценивания решения задачи:

Элементы ответа	Решение	Баллы
Составлены уравнения реакций в общем виде	В растворе: $\text{MX}_2 \rightarrow \text{M}^{+2} + 2\text{X}^-$ (1) На катоде: $\text{K}(-) \text{M}^{+2} + 2\bar{e} = \text{M}\downarrow$ (2) На аноде: $\text{A}(+) 2\text{X}^- - 2\bar{e} = \text{X}_2\uparrow$ (3) $\text{M}^{+2} + 2\text{X}^- = \text{M}\downarrow + \text{X}_2\uparrow$ (4) $\text{MX}_2 + 2\text{KOH} = \text{M}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KX}$ (5) $\text{MX}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{M}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgX}\downarrow$ (6)	6
Рассчитано количество вещества нитрата серебра	$n(\text{AgNO}_3) = V \cdot C / 1000 = 0,06 \cdot 0,1 = 0,006$ моль	2
Определены количества осадка соли серебра и неизвестной соли.	По уравнению (6) $n(\text{AgNO}_3) = n(\text{AgX}) = 0,006$ моль $n(\text{MX}_2) = 0,5 \cdot n(\text{AgNO}_3) = 0,5 \cdot 0,006 = 0,003$ моль	4
Рассчитана молярная масса осадка соли серебра	$M(\text{AgX}) = m/n = 1,128 \text{ г} / 0,006 \text{ моль} = 188 \text{ г/моль}$ $\text{Ar}(\text{X}) = 188 - 108 = 80 \Rightarrow$ искомая соль - бромид	4
Рассчитаны масса и количество вещества гидроксида калия	$m(\text{KOH}) = \omega \cdot m_{\text{р-ра}} / 100\% = (2,8 \text{ г} \cdot 2\%) / 100\% = 0,056 \text{ г}$ $n(\text{KOH}) = m/M = 0,056 \text{ г} / 56 \text{ г/моль} = 0,001$ моль	2
Определено количество соли, прореагировавшей с гидроксидом калия	По уравнению (5) $n(\text{MX}_2) = 0,5 \cdot n(\text{KOH}) = 0,0005$ моль соли осталось после электролиза	2
Определено количество соли, подвергшейся электролизу	$n(\text{MX}_2)_{\text{подв. эл.}} = n(\text{MX}_2)_{\text{исх.}} - n(\text{MX}_2)_{\text{ост.}} = 0,003 \text{ моль} - 0,0005 \text{ моль} = 0,0025 \text{ моль}$	2
Рассчитана молярная масса металла	По уравнению (4) $M(\text{металла}) = m/n = 0,16 \text{ г} / 0,0025 \text{ моль} = 64 \text{ г/моль} \Rightarrow$ искомый металл – медь.	2
Записана формула искомой соли	CuBr_2	1
	Максимальный балл	25

Навеску соли двухвалентного металла растворили в воде, полученный раствор разделили на две равные части. Первую часть раствора подвергли электролизу с инертными электродами в течение некоторого времени, при этом, масса одного из электродов увеличилась на 0,048 г, а для полного осаждения катионов металла, оставшихся в растворе, потребовалось 2 г 1%-ного раствора гидроксида натрия. Для осаждения анионов из второй части раствора понадобилось 20 мл 0,1 М раствора нитрата серебра, масса получившегося осадка оказалась равной 0,287 г. Определите состав исходной соли.

Решение и критерии оценивания решения задачи:

Элементы ответа	Решение	Баллы
Составлены уравнения реакций в общем виде	В растворе: $\text{MX}_2 \rightarrow \text{M}^{+2} + 2\text{X}^-$ (1) На катоде: $\text{K}(-) \text{M}^{+2} + 2\bar{e} = \text{M}\downarrow$ (2) На аноде: $\text{A}(+) 2\text{X}^- - 2\bar{e} = \text{X}_2\uparrow$ (3) $\text{M}^{+2} + 2\text{X}^- = \text{M}\downarrow + \text{X}_2\uparrow$ (4) $\text{MX}_2 + 2\text{NaOH} = \text{M}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaX}$ (5) $\text{MX}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{M}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgX}\downarrow$ (6)	6
Рассчитано количество вещества нитрата серебра	$n(\text{AgNO}_3) = V \cdot C / 1000 = 0,02 \cdot 0,1 = 0,002$ моль	2
Определены количества осадка соли серебра и неизвестной соли.	По уравнению (6) $n(\text{AgNO}_3) = n(\text{AgX}) = 0,002$ моль $n(\text{MX}_2) = 0,5 \cdot n(\text{AgNO}_3) = 0,5 \cdot 0,002 = 0,001$ моль	4
Рассчитана молярная масса осадка соли серебра	$M(\text{AgX}) = m/n = 0,287 \text{ г} / 0,002 \text{ моль} = 143,5 \text{ г/моль}$ $\text{Ar}(\text{X}) = 143,5 - 108 = 35,5 \Rightarrow$ искомая соль - хлорид	4
Рассчитаны масса и количество вещества гидроксида натрия	$m(\text{NaOH}) = \omega \cdot m_{\text{р-ра}} / 100\% = (2 \text{ г} \cdot 1\%) / 100\% = 0,02 \text{ г}$ $n(\text{NaOH}) = m/M = 0,02 \text{ г} / 40 \text{ г/моль} = 0,0005$ моль	2
Определено количество соли, прореагировавшей с гидроксидом натрия	По уравнению (5) $n(\text{MX}_2) = 0,5 \cdot n(\text{NaOH}) = 0,00025$ моль соли осталось после электролиза	2
Определено количество соли, подвергшейся электролизу	$n(\text{MX}_2)_{\text{подв. эл.}} = n(\text{MX}_2)_{\text{исх.}} - n(\text{MX}_2)_{\text{ост.}} =$ $= 0,001 \text{ моль} - 0,00025 \text{ моль} = 0,00075$ моль	2
Рассчитана молярная масса металла	По уравнению (4) $M(\text{металла}) = m/n =$ $= 0,048 \text{ г} / 0,00075 \text{ моль} = 64 \text{ г/моль} \Rightarrow$ искомый металл – медь.	2
Записана формула искомой соли	CuCl_2	1
	Максимальный балл	25

Вариант 4

Навеску соли двухвалентного металла растворили в воде, полученный раствор разделили на две равные части. Первую часть раствора подвергли электролизу с инертными электродами в течение некоторого времени, при этом, масса одного из электродов увеличилась на 0,4 г, а для полного осаждения катионов металла, оставшихся в растворе, потребовалось 2,8 г 5%-ного раствора гидроксида калия. Для осаждения анионов из второй части раствора понадобилось 150 мл 0,1 М раствора нитрата серебра, масса получившегося осадка оказалась равной 2,82 г. Определите формулу исходной соли.

Решение и критерии оценивания решения задачи:

Элементы ответа	Решение	Баллы
Составлены уравнения реакций в общем виде	В растворе: $\text{MX}_2 \rightarrow \text{M}^{+2} + 2\text{X}^-$ (1) На катоде: $\text{K}(-) \text{M}^{+2} + 2\bar{e} = \text{M}\downarrow$ (2) На аноде: $\text{A}(+) 2\text{X}^- - 2\bar{e} = \text{X}_2\uparrow$ (3) $\text{M}^{+2} + 2\text{X}^- = \text{M}\downarrow + \text{X}_2\uparrow$ (4) $\text{MX}_2 + 2\text{KOH} = \text{M}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KX}$ (5) $\text{MX}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{M}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgX}\downarrow$ (6)	6
Рассчитано количество вещества нитрата серебра	$n(\text{AgNO}_3) = V \cdot C / 1000 = 0,15 \cdot 0,1 = 0,015$ моль	2
Определены количества осадка соли серебра и неизвестной соли.	По уравнению (6) $n(\text{AgNO}_3) = n(\text{AgX}) = 0,015$ моль $n(\text{MX}_2) = 0,5 \cdot n(\text{AgNO}_3) = 0,5 \cdot 0,015 = 0,0075$ моль	4
Рассчитана молярная масса осадка соли серебра	$M(\text{AgX}) = m/n = 2,82 \text{ г} / 0,015 \text{ моль} = 188 \text{ г/моль}$ $Ar(\text{X}) = 188 - 108 = 80 \Rightarrow$ искомая соль - бромид	4
Рассчитаны масса и количество вещества гидроксида калия	$m(\text{KOH}) = \omega \cdot m_{\text{р-ра}} / 100\% = (2,8 \text{ г} \cdot 5\%) / 100\% = 0,14 \text{ г}$ $n(\text{KOH}) = 0,14 \text{ г} / 56 \text{ г/моль} = 0,0025$ моль	2
Определено количество соли, прореагировавшей с гидроксидом калия	По уравнению (5) $n(\text{MX}_2) = 0,5 \cdot n(\text{KOH}) = 0,00125$ моль соли осталось после электролиза	2
Определено количество соли, подвергшейся электролизу	$n(\text{MX}_2)_{\text{подв. эл.}} = n(\text{MX}_2)_{\text{исх.}} - n(\text{MX}_2)_{\text{ост.}} =$ $= 0,0075 \text{ моль} - 0,00125 \text{ моль} = 0,00625 \text{ моль}$	2
Рассчитана молярная масса металла	По уравнению (4) $M(\text{металла}) = m/n =$ $= 0,4 \text{ г} / 0,00625 \text{ моль} = 64 \text{ г/моль} \Rightarrow$ искомый металл – медь.	2
Записана формула искомой соли	CuBr_2	1
	Максимальный балл	25