

Х.1	Х.2	Х.3	Х.4	Всего	% от общего
4	8	10	4	26	

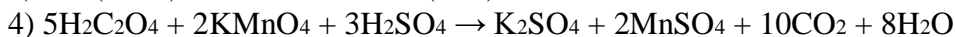
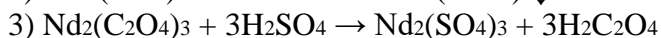
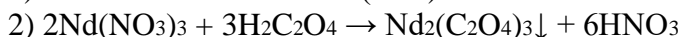
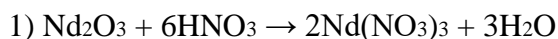
Иттрий и лантаноиды имеют довольно много общих свойств в соединениях в степени окисления +3. Это является одновременно замечательным фактом, объяснимым с позиций электронного строения атомов, и большим препятствием при их разделении.

При работе со смесями удобно пользоваться средними величинами, например, средней молярной массой. Для определения средней молярной массы смеси неодима с металлом **X**, входящим в число вышеперечисленных, навеску металлов окислили до смеси соответствующих оксидов в степени окисления +3 и растворили в азотной кислоте (*реакция 1*). Из полученного раствора количественно осадили смесь оксалатов неодима и **X** щавелевой кислотой (*реакция 2*) и высушили.

0.5034 г смеси оксалатов растворили в 10 М серной кислоте (*реакция 3*), выделившуюся щавелевую кислоту оттитровали 0.05004 М раствором KMnO_4 (*реакция 4*), объем титранта составил 22.97 мл.

1. Напишите уравнения *реакций 1 – 4* (только для неодима).

Уравнения реакций:



По 1 баллу за уравнение (с неверными коэффициентами и верными продуктами и реагентами – по 0.5 балла)

2. Определите среднюю молярную массу смеси неодима с **X**, металл **X** и массовые доли металлов в смеси.

Количество KMnO_4 равно $n_1 = cV = 1.1494 \cdot 10^{-3}$ моль

Количество $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$: $n_2 = 2.5n_1 = 2.8735 \cdot 10^{-3}$ моль

Количество оксалатов $\text{M}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$: $n_3 = n_2/3 = 9.578 \cdot 10^{-4}$ моль

Средняя молярная масса смеси оксалатов: $M_{\text{ср},1} = 0.5034 : 9.578 \cdot 10^{-4} = 525.55$ г/моль

Средняя молярная масса смеси неодима с **X**: $M_{\text{ср},2} = (M_{\text{ср},1} - 12.01 \cdot 6 - 16.00 \cdot 12)/2 = 130.7$ г/моль

Поскольку $M_{\text{ср},2}$ меньше молярной массы лантана, то единственный возможный второй компонент смеси – это иттрий, **X** = **Y**.

Если в 100 г смеси металлов w_Y г иттрия (w_Y численно совпадает с массовой долей в %) и 100 – w_Y г неодима, то средняя молярная масса равна

$$\frac{100}{\frac{w_Y}{88.91} + \frac{100 - w_Y}{144.24}} = 130.7$$

Решением этого уравнения получаем $w_Y = 16.6\%$, $w_{Nd} = 83.4\%$.

По 2 балла за среднюю молярную массу смеси металлов, иттрий и массовые доли металлов.

$2.00 \cdot 10^{-4}$ моль оксалата неодима использовали для получения соли неодима **А** по следующей методике. Оксалат неодима(III) прокалили в инертной атмосфере (**реакция 5**), твердый остаток оксида растворили в серной кислоте (**реакция 6**), а к полученному раствору добавили избыток соли бария **Б** (**реакция 7**). Из раствора после фильтрования осадка при охлаждении выпадают кристаллы **А**, теоретический выход которого составляет 0.211 г.

Для анализа полученные 0.211 г **А** полностью растворили в растворе иодида калия, подкисленного серной кислотой (**реакция 8**). На титрование выделившегося иода пошло 35.77 мл 0.2013 М раствора тиосульфата натрия (**реакция 9**).

3. Определите соли **А** и **Б**, если известно, что она содержит однозарядные анионы. Запишите уравнения **реакций 5 – 9**.

Если **А** содержит 1 атом Nd в формульной единице, то 5.28 г содержат $2.00 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 4.00 \cdot 10^{-4}$ моль **А**. То есть молярная масса **А** равна $0.211 : 4.00 \cdot 10^{-4} = 527.5$ г/моль. Формулу **А** запишем как $NdAn_3$, тогда молярная масса аниона $M(An) = (527.5 - 144.24) : 3 = 127.8$ г/моль. Общее количество анионов в $4.00 \cdot 10^{-4}$ моль **А** равно $1.2 \cdot 10^{-3}$ моль.

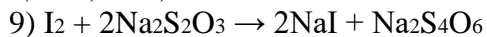
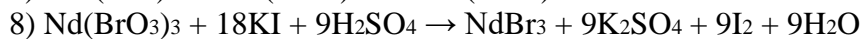
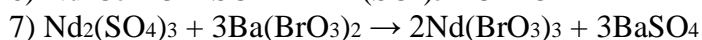
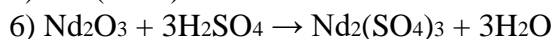
Количество тиосульфата натрия, пошедшего на титрование: $n_1 = cV = 7.2 \cdot 10^{-3}$ моль.

Количество иода, вступившего в реакцию 9 (уравнение – ниже): $n_2 = n_1/2 = 3.6 \cdot 10^{-3}$ моль.

То есть каждый анион An выделяет при реакции с иодидом $3I_2$ и является шестиэлектронным окислителем. С учетом молярной массы 128 г/моль, An – это брома-ион, BrO_3^- . Итак, **А** = $Nd(BrO_3)_3$.

Тогда **Б** – бромат бария, $Ba(BrO_3)_2$.

Уравнения реакций:



Расчет молярной массы соли – 1 балл, формулы А и Б – по 2 балла, реакции 5 – 9 – по 1 баллу (с неверными коэффициентами, но верными реагентами и продуктами – по 0.5 балла).

Неодим используется для получения вещества **В** кристаллизацией расплава, содержащего неодим, железо и бор в массовом соотношении 26.68 : 72.32 : 1.

4. Рассчитайте состав вещества **В**. Как используется это вещество?

$$n(Nd) : n(Fe) : n(B) = \frac{m(Nd)}{M(Nd)} : \frac{m(Fe)}{M(Fe)} : \frac{m(B)}{M(B)} = \frac{26.68}{144.24} : \frac{72.32}{55.85} : \frac{1}{10.81} = 2 : 14 : 1$$

Формула **В**: $Nd_2Fe_{14}B$. Вещество используется в постоянных магнитах.

3 балла за верный состав В, 1 балл – применение.

Х.1	Х.2	Х.3	Х.4	Всего	% от общего
4	8	10	6	28	

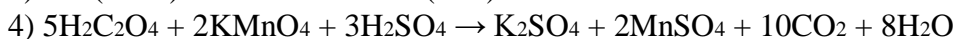
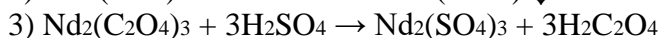
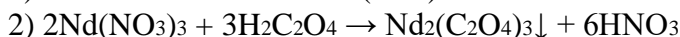
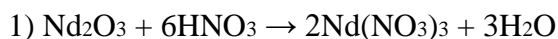
Иттрий и лантаноиды имеют довольно много общих свойств в соединениях в степени окисления +3. Это является одновременно замечательным фактом, объяснимым с позиций электронного строения атомов, и большим препятствием при их разделении.

При работе со смесями удобно пользоваться средними величинами, например, средней молярной массой. Для определения средней молярной массы смеси неодима с металлом **X**, входящим в число вышеперечисленных, навеску металлов окислили до смеси соответствующих оксидов в степени окисления +3 и растворили в азотной кислоте (реакция 1). Из полученного раствора количественно осадили смесь оксалатов неодима и **X** щавелевой кислотой (реакция 2) и высушили.

0.5034 г смеси оксалатов растворили в серной кислоте (реакция 3), выделившуюся щавелевую кислоту оттитровали 0.05004 М раствором KMnO_4 (реакция 4), объем титранта составил 22.97 мл.

1. Напишите уравнения реакций 1 – 4 (только для неодима).

Уравнения реакций:



По 1 баллу за уравнение (с неверными коэффициентами и верными продуктами и реагентами – по 0.5 балла)

2. Определите среднюю молярную массу смеси неодима с **X**, металл **X** и массовые доли металлов в смеси.

Количество KMnO_4 равно $n_1 = cV = 1.1494 \cdot 10^{-3}$ моль

Количество $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$: $n_2 = 2.5n_1 = 2.8735 \cdot 10^{-3}$ моль

Количество оксалатов $\text{M}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$: $n_3 = n_2/3 = 9.578 \cdot 10^{-4}$ моль

Средняя молярная масса смеси оксалатов: $M_{\text{ср},1} = 0.5034 : 9.578 \cdot 10^{-4} = 525.55$ г/моль

Средняя молярная масса смеси неодима с **X**: $M_{\text{ср},2} = (M_{\text{ср},1} - 12.01 \cdot 6 - 16.00 \cdot 12)/2 = 130.7$ г/моль

Поскольку $M_{\text{ср},2}$ меньше молярной массы лантана, то единственный возможный второй компонент смеси – это иттрий, **X** = **Y**.

Если в 100 г смеси металлов w_Y г иттрия (w_Y численно совпадает с массовой долей в %) и $100 - w_Y$ г неодима, то средняя молярная масса равна

$$\frac{100}{\frac{w_Y}{88.91} + \frac{100-w_Y}{144.24}} = 130.7$$

Решением этого уравнения получаем $w_Y = 16.6\%$, $w_{Nd} = 83.4\%$.

По 2 балла за среднюю молярную массу смеси металлов, иттрий и массовые доли металлов.

$2.00 \cdot 10^{-4}$ моль оксалата неодима использовали для получения соли неодима **A** по следующей методике. Оксалат неодима(III) прокалили в инертной атмосфере (реакция 5), твердый остаток оксида растворили в серной кислоте (реакция 6), а к полученному раствору добавили избыток соли бария **B** (реакция 7). Из раствора при охлаждении выпадают кристаллы **A**, теоретический выход которого составляет 0.211 г.

Для анализа полученные 0.211 г **A** полностью растворили в растворе иодида калия, подкисленного серной кислотой (реакция 8). На титрование выделившегося иода пошло 35.77 мл 0.2013 М раствора тиосульфата натрия (реакция 9).

3. Определите соли A и B, если известно, что она содержит однозарядные анионы. Запишите уравнения реакций 5 – 9.

Если **A** содержит 1 атом Nd в формульной единице, то 5.28 г содержат $2.00 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 4.00 \cdot 10^{-4}$ моль **A**. То есть молярная масса **A** равна $0.211 : 4.00 \cdot 10^{-4} = 527.5$ г/моль. Формулу **A** запишем как $NdAn_3$, тогда молярная масса аниона $M(An) = (527.5 - 144.24) : 3 = 127.8$ г/моль. Общее количество анионов в $4.00 \cdot 10^{-4}$ моль **A** равно $1.2 \cdot 10^{-3}$ моль.

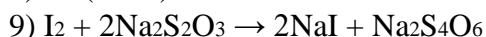
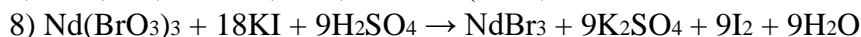
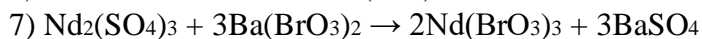
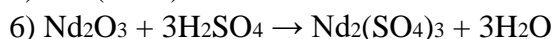
Количество тиосульфата натрия, пошедшего на титрование: $n_1 = cV = 7.2 \cdot 10^{-3}$ моль.

Количество иода, вступившего в реакцию 9 (уравнение – ниже): $n_2 = n_1/2 = 3.6 \cdot 10^{-3}$ моль.

То есть каждый анион An выделяет при реакции с иодидом $3I_2$ и является шестиэлектронным окислителем. С учетом молярной массы 128 г/моль, An – это брома-ион, BrO_3^- . Итак, **A** = $Nd(BrO_3)_3$.

Тогда **B** – бромат бария, $Ba(BrO_3)_2$.

Уравнения реакций:



Расчет молярной массы соли – 1 балл, формулы A и B – по 2 балла, реакции 5 – 9 – по 1 баллу (с неверными коэффициентами, но верными реагентами и продуктами – по 0.5 балла).

Неодим используется для получения вещества **B** кристаллизацией расплава, содержащего неодим, железо и неметалл **C** в массовом соотношении 26.68 : 72.32 : 1.

4. Рассчитайте состав вещества B, определите неметалл C. Как используется это вещество?

$$n(\text{Nd}) : n(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Nd})}{M(\text{Nd})} : \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{26.68}{144.24} : \frac{72.32}{55.85} = 1 : 7$$

Тогда формулу **В** запишем в виде $\text{Nd}_a\text{Fe}_7a\text{C}$.

$$M(\mathbf{B}) = 144.24a : 0.2668 = 540.63a = 144.24a + 7 \cdot 55.85a + M(\mathbf{C})$$

$$M(\mathbf{C}) = 5.44a$$

Единственный здравый вариант: $a = 2$, **С** – **В**, **В** – $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{В}$.

Вещество **В** используется в постоянных магнитах.

2 балла – **С**, 3 балла – формула **В**, 1 балл – применение.

X.1	X.2	X.3	X.4	X.5	Всего	% от общего
2	13	6	10	6	30	

Иттрий и лантаноиды имеют довольно много общих свойств в соединениях в степени окисления +3. Это является одновременно замечательным фактом, объяснимым с позиций электронного строения атомов, и большим препятствием при их разделении.

При работе со смесями удобно пользоваться средними величинами, например, средней молярной массой. Для определения средней молярной массы смеси неодима с металлом X, входящим в число вышеперечисленных, навеску металлов окислили до смеси соответствующих оксидов в степени окисления +3 и растворили в азотной кислоте (*реакция 1*). Из полученного раствора количественно осадили смесь неодим и X щавелевой кислотой (*реакция 2*). При этом в осадок может выпасть нестехиометричный гидроксооксалат состава $M_2(C_2O_4)_{3-x}(OH)_y$, где M – неодим и X.

0.5034 г смеси основных оксалатов растворили в серной кислоте (*реакция 3*), выделившуюся щавелевую кислоту оттитровали 0.05004 М раствором $KMnO_4$ (*реакция 4*), объем титранта составил 22.09 мл.

0.2628 г той же смеси прокалили в инертной атмосфере с образованием смеси оксидов неодима и X. Масса твердого остатка после прокаливания составила 0.1575 г.

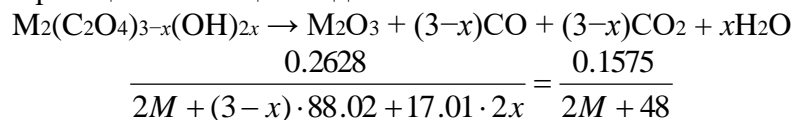
1. Как связаны x и y, исходя из электронейтральности гидроксооксалата?

Заряд неодима - +3, оксалат-ионов - -2, гидроксид-ионов - -1. Значит, электронейтральность соединения обеспечивает соотношение $6 - 2(3 - x) - 1y = 0$, или $y = 2x$.

1 балл за запись электронейтральности, 1 балл за упрощенный вид.

2. Рассчитайте среднюю молярную массу смеси неодима с X и индекс x в составе смеси основных оксалатов (округлите до сотых). Запишите уравнения *реакций 1 – 5* для найденного состава гидроксооксалата (в общем виде обозначая металл M).

Запишем уравнение реакции 5 в общем виде:



После упрощения:

$$M = 137.584 - 40.385x$$

Из 1 моль $M_2(C_2O_4)_{3-x}(OH)_{2x}$ после гидролиза получится (3-x) моль щавелевой кислоты, которая реагирует с 0.4(3-x) моль $KMnO_4$. Значит, можно записать:

$$\frac{0.5034}{2M + (3-x) \cdot 88.02 + 17.01 \cdot 2x} \cdot 0.4(3-x) = 0.05004 \cdot 0.02209$$

После упрощения:

$$M = 141.215 - 64.082x$$

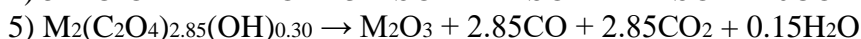
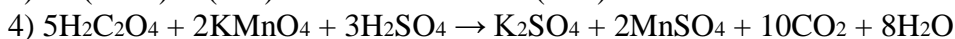
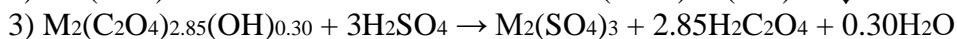
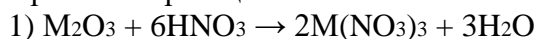
$$137.584 - 40.385x = 141.215 - 64.082x$$

$$23.697x = 3.631$$

$$x = 0.15$$

Средняя молярная масса смеси металлов: $M = 141.215 - 64.082x = 131.6$ г/моль

Уравнения реакций:



Верная запись двух уравнений, связывающих М и х – по 2 балла, численные значения М и х – по 2 балла, 5 уравнений реакций – по 1 баллу

3. Определите металл **X** и массовые доли металлов в смеси.

Поскольку *M* меньше молярной массы лантана, то единственный возможный второй компонент смеси – это иттрий, **X = Y**.

Если в 100 г смеси металлов *w_Y* г иттрия (*w_Y* численно совпадает с массовой долей в %) и 100 – *w_Y* г неодима, то средняя молярная масса равна

$$\frac{100}{\frac{w_Y}{88.91} + \frac{100 - w_Y}{144.24}} = 130.6$$

Решением этого уравнения получаем *w_Y* = 16.8%, *w_{Nd}* = 83.2%.

По 2 балла металл (иттрий) и каждая из массовых долей.

$2.00 \cdot 10^{-4}$ моль оксалата неодима использовали для получения соли неодима **A** по следующей методике. Оксалат неодима(III) прокалили в инертной атмосфере (**реакция 6**), твердый остаток оксида растворили в серной кислоте (**реакция 7**), а к полученному раствору добавили избыток соли бария **B** (**реакция 8**). Из раствора при охлаждении выпадают кристаллы **A**, теоретический выход которого составляет 0.211 г.

Для анализа полученные 0.211 г **A** полностью растворили в растворе иодида калия, подкисленного серной кислотой (**реакция 9**). На титрование выделившегося иода пошло 35.77 мл 0.2013 М раствора тиосульфата натрия (**реакция 10**).

4. Определите соли **A** и **B**, если известно, что она содержит однозарядные анионы. Запишите уравнения **реакций 6 – 10**.

Если **A** содержит 1 атом Nd в формульной единице, то 5.28 г содержат $2.00 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 4.00 \cdot 10^{-4}$ моль **A**. То есть молярная масса **A** равна $0.211 : 4.00 \cdot 10^{-4} = 527.5$ г/моль. Формулу **A** запишем как NdAn_3 , тогда молярная масса аниона $M(\text{An}) = (527.5 - 144.24) : 3 = 127.8$ г/моль. Общее количество анионов в $4.00 \cdot 10^{-4}$ моль **A** равно $1.2 \cdot 10^{-3}$ моль.

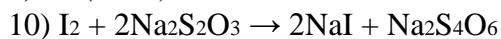
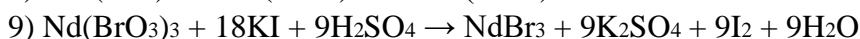
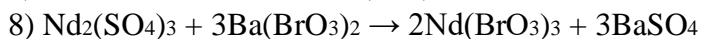
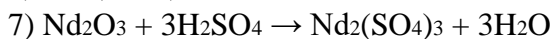
Количество тиосульфата натрия, пошедшего на титрование: $n_1 = cV = 7.2 \cdot 10^{-3}$ моль.

Количество иода, вступившего в реакцию 9 (уравнение – ниже): $n_2 = n_1/2 = 3.6 \cdot 10^{-3}$ моль.

То есть каждый анион An выделяет при реакции с иодидом 3I_2 и является шестиэлектронным окислителем. С учетом молярной массы 128 г/моль, An – это брома-ион, BrO_3^- . Итак, **A** = $\text{Nd}(\text{BrO}_3)_3$.

Тогда **B** – бромат бария, $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$.

Уравнения реакций:



Расчет молярной массы соли – 1 балл, формулы А и Б – по 2 балла, реакции 6 – 10 – по 1 баллу (с неверными коэффициентами, но верными реагентами и продуктами – по 0.5 балла).

Неодим используется для получения вещества **В** кристаллизацией расплава, содержащего неодим, железо и неметалл **С** в массовом соотношении 26.68 : 72.32 : 1.

5. Рассчитайте состав вещества **В**, определите неметалл **С**. Как используется это вещество?

$$n(\text{Nd}) : n(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Nd})}{M(\text{Nd})} : \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{26.68}{144.24} : \frac{72.32}{55.85} = 1 : 7$$

Тогда формулу **В** запишем в виде $\text{Nd}_a\text{Fe}_{7a}\text{C}$.

$$M(\text{В}) = 144.24a : 0.2668 = 540.63a = 144.24a + 7 \cdot 55.85a + M(\text{С})$$

$$M(\text{С}) = 5.44a$$

Единственный здравый вариант: $a = 2$, **С** – В, **В** – $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{В}$.

Вещество **В** используется в постоянных магнитах.

2 балла – **С**, 3 балла – формула **В**, 1 балл – применение.