

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач» (химия)
 2019 год

Задача №1 (20 баллов)

Вариант 1

Хлорид аммония массой 10,7 г растворили в 100 мл 10% раствора гидроксида натрия (плотность 1,100 г/мл). Выделившийся при нагревании газ полностью поглотили 150 мл 9,56% раствора фосфорной кислоты (плотность 1,025 г/мл). Определите состав полученного раствора в массовых долях с точностью до десятых.

Решение и критерии оценивания решения задачи №1:

| | |
|---|-----------|
| 1) Уравнение реакции $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ | 1 |
| 2) Количества реагирующих веществ: $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = 10,7/M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 10,7/53,5 = 0,2$ моль $n(\text{NaOH}) = 100 \cdot 1,1 \cdot 0,1 / M(\text{NaOH}) = 11/40 = 0,275$ моль В недостатке NH_4Cl , $n(\text{NH}_3) = 0,2$ моль | 3 |
| 3) Количество вещества фосфорной кислоты $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 150 \cdot 1,025 \cdot 0,0956 / M(\text{H}_3\text{PO}_4) =$ $= 150 \cdot 1,025 \cdot 0,0956 / 98 = 0,15$ моль | 1 |
| 4) По уравнению реакции $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ определяем, что в недостатке H_3PO_4 . Следовательно, образовалось $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,15$ моль и осталось $n(\text{NH}_3) = 0,2 - 0,15 = 0,05$ моль, которые вступают в следующую реакцию | 5 |
| 5) По уравнению реакции $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ определяем, что в недостатке аммиак. Следовательно, $n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = n(\text{NH}_3) = 0,05$ моль. После реакции осталось $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,15 - 0,05 = 0,1$ моль | 5 |
| 6) Находим массы солей $m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0,05 \cdot 132 = 6,6$ г $m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,1 \cdot 115 = 11,5$ г | 2 |
| 7) Находим массу раствора как сумму массы исходного раствора фосфорной кислоты и массы поглощенного аммиака $150 \cdot 1,025 + 0,2 \cdot 17 = 157,15$ г | 1 |
| 8) Находим массовые доли солей в растворе $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 6,6 \cdot 100 / 157,15 = 4,2\%$ $\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 11,5 \cdot 100 / 157,15 = 7,3\%$ | 2 |
| <u>Ответ:</u> $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 4,2\%$ $\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 7,3\%$ | 20 |

Вариант 2

Нитрат аммония массой 16 г растворили в 150 мл 10% раствора гидроксида калия (плотность 1,100 г/мл). Выделившийся при нагревании газ полностью поглотили 150 мл 9,56% раствора фосфорной кислоты (плотность 1,025 г/мл). Определите состав полученного раствора в массовых долях с точностью до десятых.

Решение и критерии оценивания решения задачи №1:

| | |
|---|-----------|
| 1) Уравнение реакции $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KOH} = \text{NH}_3 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | 1 |
| 2) Количества реагирующих веществ: $n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 16/M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 16/80 = 0,2$ моль $n(\text{KOH}) = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,1 / M(\text{KOH}) = 16,5/56 = 0,29$ моль В недостатке NH_4Cl , $n(\text{NH}_3) = 0,2$ моль | 3 |
| 3) Количество вещества фосфорной кислоты $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 150 \cdot 1,025 \cdot 0,0956 / M(\text{H}_3\text{PO}_4) =$ $= 150 \cdot 1,025 \cdot 0,0956 / 98 = 0,15$ моль | 1 |
| 4) По уравнению реакции $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ определяем, что в недостатке H_3PO_4 . Следовательно, образовалось $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,15$ моль и осталось $n(\text{NH}_3) = 0,2 - 0,15 = 0,05$ моль, которые вступают в следующую реакцию | 5 |
| 5) По уравнению реакции $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ определяем, что в недостатке аммиак. Следовательно, $n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = n(\text{NH}_3) = 0,05$ моль. После реакции осталось $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,15 - 0,05 = 0,1$ моль | 5 |
| 6) Находим массы солей $m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0,05 \cdot 132 = 6,6$ г $m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,1 \cdot 115 = 11,5$ г | 2 |
| 7) Находим массу раствора как сумму массы исходного раствора фосфорной кислоты и массы поглощенного аммиака $150 \cdot 1,025 + 0,2 \cdot 17 = 157,15$ г | 1 |
| 8) Находим массовые доли солей в растворе $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 6,6 \cdot 100 / 157,15 = 4,2\%$ $\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 11,5 \cdot 100 / 157,15 = 7,3\%$ | 2 |
| <u>Ответ:</u> $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 4,2\%$ $\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 7,3\%$ | 20 |

Вариант 3

Хлорид аммония массой 16 г растворили в 100 мл 7,4% раствора гидроксида натрия (плотность 1,081 г/мл). Выделившийся при нагревании газ полностью поглотили 300 мл 4,78% раствора фосфорной кислоты (плотность 1,025 г/мл). Определите состав полученного раствора в массовых долях с точностью до десятых.

Решение и критерии оценивания решения задачи №1:

| | |
|---|-----------|
| 1) Уравнение реакции $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ | 1 |
| 2) Количества реагирующих веществ: $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = 16/M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 16/53,5 = 0,3$ моль $n(\text{NaOH}) = 100 \cdot 1,081 \cdot 0,074 / M(\text{NaOH}) = 8/40 = 0,2$ моль В недостатке NaOH, $n(\text{NH}_3) = 0,2$ моль | 3 |
| 3) Количество вещества фосфорной кислоты $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 300 \cdot 1,025 \cdot 0,0478 / M(\text{H}_3\text{PO}_4) =$ $= 300 \cdot 1,025 \cdot 0,0478 / 98 = 0,15$ моль | 1 |
| 4) По уравнению реакции $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ определяем, что в недостатке H_3PO_4 . Следовательно, образовалось $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,15$ моль и осталось $n(\text{NH}_3) = 0,2 - 0,15 = 0,05$ моль, которые вступают в следующую реакцию | 5 |
| 5) По уравнению реакции $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ определяем, что в недостатке аммиак. Следовательно, $n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = n(\text{NH}_3) = 0,05$ моль. После реакции осталось $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,15 - 0,05 = 0,1$ моль | 5 |
| 6) Находим массы солей $m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0,05 \cdot 132 = 6,6$ г $m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,1 \cdot 115 = 11,5$ г | 2 |
| 7) Находим массу раствора как сумму массы исходного раствора фосфорной кислоты и массы поглощенного аммиака $300 \cdot 1,025 + 0,2 \cdot 17 = 310,9$ г | 1 |
| 8) Находим массовые доли солей в растворе $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 6,6 \cdot 100 / 310,9 = 2,1\%$ $\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 11,5 \cdot 100 / 310,9 = 3,7\%$ | 2 |
| Ответ: $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 2,1\%$ $\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 3,7\%$ | 20 |

Вариант 4

Нитрат аммония массой 20 г растворили в 150 мл 7% раствора гидроксида калия (плотность 1,07 г/мл). Выделившийся при нагревании газ полностью поглотили 150 мл 9,56% раствора фосфорной кислоты (плотность 1,025 г/мл). Определите состав полученного раствора в массовых долях с точностью до десятых.

Решение и критерии оценивания решения задачи №1:

| | |
|---|-----------|
| 1) Уравнение реакции $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KOH} = \text{NH}_3 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | 1 |
| 2) Количества реагирующих веществ: $n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 20/M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 20/80 = 0,25$ моль $n(\text{KOH}) = 150 \cdot 1,07 \cdot 0,07 / M(\text{KOH}) = 11,235/56 = 0,2$ моль В недостатке KOH, $n(\text{NH}_3) = 0,2$ моль | 3 |
| 3) Количество вещества фосфорной кислоты $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 150 \cdot 1,025 \cdot 0,0956 / M(\text{H}_3\text{PO}_4) =$ $= 150 \cdot 1,025 \cdot 0,0956 / 98 = 0,15$ моль | 1 |
| 4) По уравнению реакции $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ определяем, что в недостатке H_3PO_4 . Следовательно, образовалось $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,15$ моль и осталось $n(\text{NH}_3) = 0,2 - 0,15 = 0,05$ моль, которые вступают в следующую реакцию | 5 |
| 5) По уравнению реакции $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ определяем, что в недостатке аммиак. Следовательно, $n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = n(\text{NH}_3) = 0,05$ моль. После реакции осталось $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,15 - 0,05 = 0,1$ моль | 5 |
| 6) Находим массы солей $m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0,05 \cdot 132 = 6,6$ г $m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,1 \cdot 115 = 11,5$ г | 2 |
| 7) Находим массу раствора как сумму массы исходного раствора фосфорной кислоты и массы поглощенного аммиака $150 \cdot 1,025 + 0,2 \cdot 17 = 157,15$ г | 1 |
| 8) Находим массовые доли солей в растворе $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 6,6 \cdot 100 / 157,15 = 4,19\%$ $\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 11,5 \cdot 100 / 157,15 = 7,32\%$ | 2 |
| Ответ: $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 4,19\%$ $\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 7,32\%$ | 20 |