

Задачи на олеум

Олеум – это раствор оксида серы (VI) (серного ангидрида) в концентрированной серной кислоте. Например, 10%-ный олеум содержит 10% оксида серы (VI) и 90% безводной серной кислоты.

- 1) 6,32 г 37,97%-го олеума растворили в воде и получили 8%-ный раствор серной кислоты. Через этот раствор пропустили 1,568 л (н. у.) аммиака. Вычислите массовую долю соли в полученном растворе.
- 2) К 200 мл воды последовательно добавили 19,5 г 24,62%-го олеума и 7,15 г цинка. Вычислите максимальную массу 17%-го раствора гидроксида натрия, который может прореагировать с полученным раствором.
- 3) В 150 г 7,84%-го раствора серной кислоты растворили 3,29 г 85,11%-го олеума, а затем добавили 12,2 г дигидрата хлорида бария ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Вычислите массовые доли веществ в полученном растворе.
- 4) Смесь оксида железа (III) и железа, содержащую 86% по массе оксида железа (III), обработали горячей концентрированной серной кислотой. Выделившийся при этом газ количественно окислили в серный ангидрид, из которого получили 112,2 г 21,39%-го олеума. Вычислите массу оксида железа (III) в исходной смеси.
- 5) 171,4 г 25,67% олеума разбавили водой и получили 92,5% серную кислоту. В ней полностью растворили твердый остаток, полученный при пропускании 1,68 л (н. у.) водорода над 7,2 г оксида меди (II). Вычислите массовую долю соли в образовавшемся растворе.

Решения**Задача 1:**

Вычислим количества веществ в олеуме:

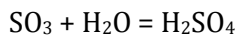
$$m(\text{SO}_3) = 6,32 \cdot 0,3797 = 2,4 \text{ г}$$

$$n(\text{SO}_3) = 2,4 : 80 = 0,03 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ол.}}) = 6,32 - 2,4 = 3,92 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ол.}}) = 3,92 : 98 = 0,04 \text{ моль}$$

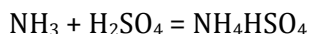
При растворении олеума в воде протекает реакция:



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_3) + n(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ол.}}) = 0,07 \text{ моль}$$

$$n(\text{NH}_3) = 1,568 : 22,4 = 0,07 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{NH}_3) = 0,07 : 0,07 = 1 : 1 \rightarrow \text{образуется кислая соль}$$



$$n(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = n(\text{NH}_3) = 0,07 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = 0,07 \cdot 115 = 8,05 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = m(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ р-р}}) + m(\text{NH}_3) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) : \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) + n(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) = 0,07 \cdot 98 : 0,08 + 0,07 \cdot 17 = 85,75 + 1,19 = 86,94 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = 8,05 : 86,94 \cdot 100\% = 9,26\%$$

Ответ: 9,26%

Задача 2:

Вычислим количества веществ в олеуме:

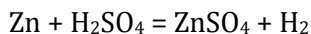
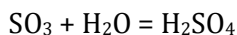
$$m(\text{SO}_3) = 19,5 \cdot 0,2462 = 4,8 \text{ г}$$

$$n(\text{SO}_3) = 4,8 : 80 = 0,06 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ол.}}) = 19,5 - 4,8 = 14,7 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ол.}}) = 14,7 : 98 = 0,15 \text{ моль}$$

Запишем уравнения реакций, протекающих при последовательном растворении:



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_3) + n(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ол.}}) = 0,06 + 0,15 = 0,21 \text{ моль}$$

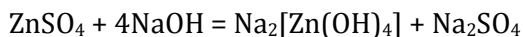
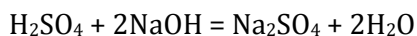
$$n(\text{Zn}) = 7,15 : 65 = 0,11 \text{ моль}$$

$$\frac{0,21}{1} > \frac{0,11}{1} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ в избытке}$$

$$n(\text{ZnSO}_4) = n(\text{Zn}) = 0,11 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ост.}}) = 0,21 - 0,11 = 0,1 \text{ моль}$$

При добавлении избытка гидроксида натрия протекают реакции:



$$n(\text{NaOH}) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ост.}}) + 4n(\text{ZnSO}_4) = 0,2 + 0,44 = 0,64 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,64 \cdot 40 = 25,6 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}_{\text{р-ра}}) = 25,6 : 0,17 = 150,59 \text{ г}$$

Ответ: 150,59 г

Задача 3:

Вычислим количества веществ в олеуме:

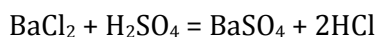
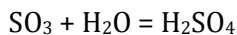
$$m(\text{SO}_3) = 3,29 \cdot 0,8511 = 2,8 \text{ г}$$

$$n(\text{SO}_3) = 2,8 : 80 = 0,035 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ол.}}) = 3,29 - 2,8 = 0,49 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ ол.}}) = 0,49 : 98 = 0,005 \text{ моль}$$

Запишем уравнения реакций, протекающих при последовательном растворении:



$$n(\text{BaCl}_2) = n(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 12,2 : 244 = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ в } 7,84\% \text{ р-ре}) = 150 \cdot 0,0784 = 11,76 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ол.}) + n(\text{SO}_3) + n(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ в } 7,84\% \text{ р-ре}) = 0,005 + 0,035 + 11,76 : 98 = 0,16 \text{ моль}$$

$$\frac{0,16}{1} > \frac{0,05}{1} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ в избытке}$$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{BaCl}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 36,5 = 3,65 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ост.}) = 0,16 - 0,05 = 0,11 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ост.}) = 0,11 \cdot 98 = 10,78 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ в } 7,84\% \text{ р-ре}) + m_{\text{ол.}} + m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) - m(\text{BaSO}_4) = 150 + 3,29 + 12,2 - 0,05 \cdot 233 = 153,84 \text{ г}$$

$$\omega(\text{HCl}) = 3,65 : 153,84 \cdot 100\% = 2,37\%$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ост.}) = 10,78 : 153,84 \cdot 100\% = 7\%$$

Ответ: 2,37%; 7%

Задача 4:

Вычислим количества веществ в oleуме:

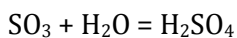
$$m(\text{SO}_3 \text{ ол.}) = 112,2 \cdot 0,2139 = 24 \text{ г}$$

$$n(\text{SO}_3 \text{ ол.}) = 24 : 80 = 0,3 \text{ моль}$$

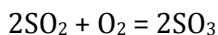
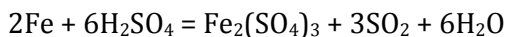
$$m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ол.}) = 112,2 - 24 = 88,2 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ол.}) = 88,2 : 98 = 0,9 \text{ моль}$$

При получении oleума протекает реакция:



$$n(\text{SO}_3 \text{ общ.}) = n(\text{SO}_3 \text{ ол.}) + n(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ол.}) = 0,3 + 0,9 = 1,2 \text{ моль}$$



$$n(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_3) = 1,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}) = \frac{2}{3}n(\text{SO}_2) = 0,8 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}) = 0,8 \cdot 56 = 44,8 \text{ г}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 44,8 : 0,14 \cdot 0,86 = 275,2 \text{ г}$$

Ответ: 275,2 г

Задача 5:

Вычислим количества веществ в oleуме:

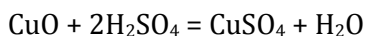
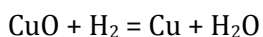
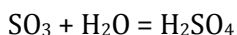
$$m(\text{SO}_3) = 171,4 \cdot 0,2567 = 44 \text{ г}$$

$$n(\text{SO}_3) = 44 : 80 = 0,55 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ол.}) = 171,4 - 44 = 127,4 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ол.}) = 127,4 : 98 = 1,3 \text{ моль}$$

Запишем уравнения реакций:



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_3) + n(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ол.}) = 1,85 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,85 \cdot 98 = 181,3 \text{ г}$$

$$m_{92,5\% \text{ р-ра}} = 181,3 : 0,925 = 196 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2) = 1,68 : 22,4 = 0,075 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}_{\text{иск.}}) = 7,2 : 80 = 0,09 \text{ моль} \rightarrow \text{водород в недостатке}$$

$$n(\text{Cu}) = n(\text{H}_2) = 0,075 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}_{\text{ост.}}) = 0,09 - 0,075 = 0,015 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuO}_{\text{ост.}}) + n(\text{Cu}) = 0,015 + 0,075 = 0,09 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 0,09 \cdot 160 = 14,4 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = m_{92,5\% \text{ р-ра}} + m(\text{Cu}) + m(\text{CuO}_{\text{ост.}}) - m(\text{SO}_2) = 196 + 64 \cdot 0,075 + 80 \cdot 0,015 - 64 \cdot 0,075 = 197,2 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CuSO}_4) = 14,4 : 197,2 \cdot 100\% = 7,3\%$$

Ответ: 7,3%