

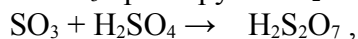
Из опыта работы

Решение задач на олеум

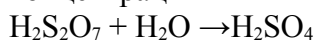
Сухина З.А., учитель химии, педагог-исследователь

Школа-лицей №35 ,г. Уральск, Западно-Казахстанская область

Обучение химии невозможно представить без решения задач. В данной статье предложены решения задач различной сложности из одной темы большого раздела «Сера и ее соединения». Самым трудным вопросом этого раздела является олеум. Уровень сложности задач по олеуму высокий и необходим для классов с углубленным изучением предмета в лицеях, гимназиях, для подготовки школьников к успешному участию в городских, областных и республиканских олимпиадах и турнирах, к вступительным экзаменам химического, фармацевтического, медицинского и других профилей. Предложенные типы задач помогут отработать навыки в решении задач на олеум. Предлагаются решения задач различными способами. Данные задачи могут быть использованы учащимися средних образовательных школ, лицеев, гимназий, которые желают самостоятельно научиться решать задачи на олеум, абитуриентов, которые желают поступить в ВУЗы с профилем химии, а так же учителей химии средних школ работающих в классах с углубленным изучением предмета. Олеум-раствор оксида серы (VI) в 100% серной кислоте. Часть SO_3 реагирует с H_2SO_4



Поэтому можно говорить, что олеум это раствор $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ в серной кислоте или раствор SO_3 в 100% серной кислоте. При разбавлении олеума можно получить серную кислоту разных концентраций



Наиболее распространены задачи, в которых олеум рассматривается просто как раствор SO_3 в H_2SO_4 , т.е. взаимодействие оксида серы (VI) с серной кислотой не учитывается. Задачи на олеум можно разделить на несколько групп.

I Решение задач на олеум с применением уравнений химических реакций

Задача 1

Смешали 14 г 14%-ного олеума, 20 г кристаллического карбоната натрия ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) и 56 г 8%-ного раствора (NaHCO_3) гидросульфита натрия. Вычислите массовые доли веществ в полученном растворе **Решение:**

Рассчитать массу SO_3 и H_2SO_4 в исходном растворе олеума:

$m(\text{SO}_3) = 14 \cdot 0,14 = 1,96 \text{ г}$ $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 14 - 1,96 = 12,04 \text{ г}$, а также массу серной кислоты, которую можно получить из SO_3 :



Суммируем массу серной кислоты:

$$m_{\text{общая}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 12,04 + 2,401 = 14,441 \text{ г}$$

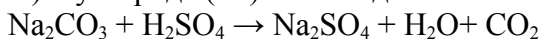
Вычислим массу безводного карбоната натрия по схеме:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 7,4 \text{ г}$$

и массу гидросульфата натрия:

$$m(\text{NaHSO}_3) = 56 \cdot 0,08 = 4,48 \text{ г}$$

С серной кислотой будут реагировать обе соли. Составим УХР и вычислим массу серной кислоты по каждому УХР, а также массу образующейся соли сульфата натрия и оксида серы (IV) и углерода (IV) по исходной массе соли.



$$\begin{array}{lll}
m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 6,84 \text{ г}; & m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 9,9 \text{ г}; & m(\text{CO}_2) = 3,07 \text{ г}. \\
2\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 & \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} & \\
m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,11 \text{ г} & m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 3,058 \text{ г}; & m(\text{CO}_2) = 2,76 \text{ г}. \\
m_{\text{общ}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 12,958 \text{ г} & & \\
m_{\text{ост}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 14,441 - 6,84 - 2,11 = 5,491 \text{ г}. & &
\end{array}$$

Рассчитаем массу оставшегося раствора после смешивания и удаления газов, а также массовые доли оставшихся веществ в растворе:

$$m_p = 14 + 20 + 56 - 3,07 - 2,76 = 84,17$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1 Вычислите массу серного колчедана, необходимого для получения такого количества SO_3 , при растворении которого в 500 г 91%-ного раствора серной кислоты можно получить 12% олеум. (Ответ 221,58 г)

Задача 2 Олеум массой 3,74 г для полной нейтрализации требует 80 мл 1М раствора гидроксида натрия. Вычислите массовую долю свободного SO_3 в данном образце олеума. (Ответ 21,39%)

Задача 3 К 100 г 25%-ного раствора серной кислоты добавили 40 г раствора оксида серы (VI) в серной кислоте. Для осаждения всех сульфат-ионов из образовавшегося раствора потребовалось добавить 180 мл раствора нитрата бария с концентрацией 4 моль/л. Вычислите массовую долю оксида серы (VI) в олеуме. (Ответ 61,8%)

II Задачи на смешивание растворов для получения олеума с определенной концентрацией.

Задача 1 Какую массу оксида серы (VI) следует прибавить к 250 г 60%-ной серной кислоты для получения 15% олеума. *Решение:*

Вычислим массу воды и кислоты в исходном растворе:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 250 \cdot 0,6 = 150 \text{ г} \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ г}$$

Рассчитаем массу оксида серы (VI), необходимого для насыщения 100 г воды:

$$m(\text{SO}_3) = 444,4 \text{ кг}$$

Общая масса раствора увеличивается до:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 250 + 444,4 \text{ кг} = 694,44 \text{ кг}$$

Для получения 15% олеума, полученный в предыдущем действии раствор серной кислоты необходимо насытить SO_3 , массу которого принять за x . Для этого можно воспользоваться выражением:

$$0,15 = \frac{150 + x}{694,44 + x}, \text{ отсюда } x = 122,548 \text{ кг}$$

Находим общую массу SO_3 :

$$m_{\text{общ}}(\text{SO}_3) = 444,4 \text{ кг} + 122,548 \text{ кг} = 566,988 \text{ кг}.$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1 Оксид серы (VI) массой 20 г растворили в 150 г 15%-ного раствора серной кислоты. Вычислите массовые доли веществ в получившемся растворе. (Ответ 27,65%)

Задача 2 При поглощении оксида серы (VI) 55,6 мл раствора серной кислоты, с массовой долей 91% и г/мл, массовая доля кислоты в образовавшемся растворе составила 96,3%. Определите массу поглощенного оксида серы (VI). (Ответ 20г.)

Задача 3 К 40 г 12%-ного раствора серной кислоты добавили 4 г оксида серы (VI). Вычислите массовую долю вещества в новом растворе. (Ответ 22,05%)

III Определение массы олеума и раствора серной кислоты с известной концентрацией для приготовления раствора определенной массы с заданной концентрацией.

Задача 1. Определите сколько грамм 10%-ного раствора оксида серы (VI) в серной кислоте и 60%-ного раствора серной кислоты необходимо для приготовления 480 г 90%-ного раствора серной кислоты?

Решение:

а) пусть масса 10%-ного раствора олеума равна 100 г, тогда $m(\text{SO}_3) = 10$ г; $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 - 10 = 90$ г

б) вычислим, сколько SO_3 по массе содержится в 90 г H_2SO_4

; $m(\text{SO}_3) = 73,47$ г; $m(\text{H}_2\text{O}) = 90 - 73,47 = 16,53$ г

Всего SO_3 в 100 г 10%-ного олеума $m(\text{SO}_3) = 73,47 + 10 = 83,47$ г

Вычислим $m(\text{SO}_3)$ и $m(\text{H}_2\text{O})$ в 60%-ном растворе, приняв его массу за 100 г.:

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60$ г $m(\text{H}_2\text{O}) = 40$ г

$m_{\text{общ}}(\text{H}_2\text{O}) = 40 + 11 = 51$ г.

Рассчитаем $m(\text{H}_2\text{O})$ и $m(\text{SO}_3)$ необходимые для приготовления 480 г 90%-ного раствора серной кислоты

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 480 \cdot 0,90 = 432$ г

$m(\text{H}_2\text{O}) = 480 - 432 = 48$ г

Пусть надо взять x (г) олеума для приготовления 90%-ного раствора, тогда 60%-ного – $480 - x$

в 100 г 10%-ного олеума содержится 83,47 г SO_3

x г олеума y_1 г SO_3

в 100 г 60%-ного раствора H_2SO_4 содержится 49 г SO_3

$480 - x$ г y_2 г SO_3

$y_2(\text{SO}_3) =$

$y_1 + y_2 = 352,65$ подставляем значения y_1 и y_2

$0,835x + 0,49(480 - x) = 352,65$

$x = 340$ – это масса 10%-ного олеума.

Тогда масса 60%-ного раствора равна:

$m_{\text{р-ра}} = 480 - 340 = 140$ г.

Задачи для самостоятельного решения

Задача №1

Какую массу раствора с $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 70\%$ можно получить из 240 г олеума с $w(\text{SO}_3) = 25\%$? (Ответ 362,1 г.)

IV Определение соотношений исходных растворов кислоты и олеума для получения нового раствора серной кислоты, с заданной концентрацией.

Задача 1. В каком соотношении по массе надо смешать 50%-ный раствор серной кислоты и 40%-ный олеум, чтобы получить 90%-ный раствор серной кислоты?

Решение:

Пусть необходимо приготовить 500 г 90% раствора H_2SO_4 , тогда $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 500 \cdot 0,9 = 450$ г

Примем $m_{\text{олеума}} = x_2$, $m(50\text{-ного раствора } \text{H}_2\text{SO}_4) = y$ г.

$m(\text{SO}_3) = 0,4x$

Вычислим $m(\text{H}_2\text{SO}_4)$ в олеуме

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = x - 0,4x = 0,6x$$

$$m_{\text{общ}} \text{H}_2\text{SO}_4 = 0,49x + 0,6x = 1,09x$$

Составляем систему уравнений:

Соотношение масс:

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. В каком соотношении по массе надо смешать 80%-ный раствор серной кислоты и 60%-ный олеум, чтобы получить 5%-ный олеум? (Ответ 1 : 1,7)

Задача 2. В каких массовых отношениях надо взять раствор с $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 78\%$ и олеум с $w(\text{SO}_3) = 10\%$, чтобы получить 100% серную кислоту? (Ответ 100 : 978)

Задача 3. В олеуме молярное соотношение кислоты и оксида равно 1:1. Вычислите массовую долю оксида после добавления олеума к воде в соотношении по массе 20:1. (Ответ 21,7%)

V Определение массовой доли SO_3 или массовой доли серной кислоты при смешивании двух различных растворов олеума с разными массовыми долями.

Задача 1. Смешали 30 г олеума с и 20 г олеума . Какова в полученном растворе?

Решение:

Найдем массу SO_3 в 30 г олеума с

$$m_1(\text{SO}_3) = m_{\text{олеума}} * w_1(\text{SO}_3) = 30 * 0,1 = 3 \text{ г}$$

Масса SO_3 в 20 г олеума с равна:

$$m_2(\text{SO}_3) = m_{\text{олеума}} * w_2(\text{SO}_3) = 20 * 0,05 = 1 \text{ г}$$

Масса общая SO_3 при смешивании двух растворов олеума равна сумме масс SO_3 в двух растворах:

$$m_{\text{общая}}(\text{SO}_3) = m_1(\text{SO}_3) + m_2(\text{SO}_3) = 1 + 3 = 4 \text{ г}$$

4) Массовая доля SO_3 в полученном растворе равна:

, а общая масса раствора равна массе растворов олеума двух растворов:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{общая}) = 30 \text{ г} + 10 \text{ г} = 40 \text{ г}$$

Ответ: массовая доля SO_3 в полученном растворе равна 8%.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Олеум массой 8,8 г с $w(\text{SO}_3) = 7\%$ добавили к 60 г 30% серной кислоты. Какова $w(\text{H}_2\text{SO}_4)$ в полученном растворе? (**Ответ:** массовая доля H_2SO_4 равна 39,15%)

Задача №2

Вычислите, во сколько раз изменится массовая доля серной кислоты в водном растворе после добавления к 500 г 40,0%-ного раствора H_2SO_4 40,0 г 50,0%-ного олеума.

(Ответ 1.13 раза)

VI Определение массы воды, которую необходимо добавить к раствору олеума для получения раствора серной кислоты с определенной массовой долей.

Задача 1. Какую массу воды следует добавить к 300 г олеума с , чтобы получить раствор с

Решение:

Находим массу SO_3 в 300 г 40% олеума

$$m(\text{SO}_3) = m_{\text{олеума}} \cdot w(\text{SO}_3) = 300 \cdot 0,4 = 120 \text{ г}$$

Масса 100% H_2SO_4 в олеуме равна:

$$m_{100\%}(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_{\text{олеума}} - m(\text{SO}_3) = 300 - 120 = 180 \text{ г}$$

По уравнению реакции определим, какая масса H_2SO_4 образуется из 120 г SO_3 при его взаимодействии с H_2O



, тогда

Распишем $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 70\%$ согласно формуле:

, где x – это масса добавленной воды.

Решая уравнение находим, что $x = 167,1$ г, значит масса воды составляет 167,1 г

Ответ: 167,1 г - масса H_2O , необходимая для получения 70% раствора.

Задачи для самостоятельного решения

Задача №1

Какую массу H_2O нужно добавить к 178 г раствора $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ в H_2SO_4 с $w(\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7) = 10\%$, чтобы получить раствор с $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 30\%$?

(Ответ: масса добавленной воды составляет 421,33 г)

Задача № 2

В какой массе воды необходимо растворить 300 г 25% олеума, чтобы получить 80% раствора H_2SO_4

(Ответ: масса воды составляет 96,1 г)

Использованная литература

1. Республиканский сборник тестовых задач и упражнений для подготовки школьников к научным проектам. Алматы, 2002, 2004 гг.
2. С.А. Пузаков, В.А. Попков, «Пособие по химии. Программы, вопросы, вопросы, упражнения, задачи. Образцы экзаменационных билетов» Москва. Высшая школа, 2001 год.
3. Н.Е.Кузьменко, В.В. Еремин «2400 задач для школьников и поступающих в ВУЗы». Москва. Издат.дом «Дрофа», 1999 год.
4. Н.Е.Кузьменко «Сборник задач по химии». Москва, Издат.дом «Дрофа», 2004 год.
5. И.В. Свитанько. Нестандартные задачи по химии. Москва, 1995 г.
6. Заочная олимпиада по химии 2000 – 2001 г. (9 класс), г. Алматы
7. А.И. Врублевский. 1000 задач по химии. Минск. ЧУП «Издательство Юнипресс» 2006 г
8. Н.Н. Олейников, Г.П. Муравьева под редакцией академика Н.Д. Третьякова: М. – 2003 г.. Основные алгоритмы решения задач
9. А.А. Кушнарев Задачи по химии для старшеклассников и абитуриентов
10. В.И. Резяпкин «750 задач по химии» для старшеклассников и абитуриентов Минск. ЧУП Издательство «Юнипресс» 2005 г.
11. Задачи по химии: Нет ничего проще 8 – 11 класс А.Н. Крестинин, Москва 1998 г