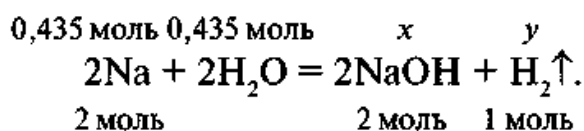


Маршрутный лист

Тема занятия: Реакции в растворах (решение задач)

Порядок действий	Алгоритм работы и ресурсы
1	Запишите тему занятия: Реакции в растворах (решение задач)
2	<p>Изучите элементы теории и примеры решённых задач:</p> <p>В задачах на данную тему приготовление или смешивание растворов сопровождается протеканием химической реакции (реакций). При нахождении массы конечного раствора в этом случае необходимо обращать внимание на природу продуктов реакции:</p> <p>1. Если в результате реакции образуется газ или осадок (или газ и осадок одновременно), то масса конечного раствора меньше суммы масс смешиваемых растворов (растворов и веществ) на массу газа и осадка:</p> $m(\text{р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m_2(\text{р-ра}) + \dots - m(\text{газа}) - m(\text{осадка}).$ <p>Или:</p> $m(\text{р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m(\text{в-ва}) - m(\text{газа}) - m(\text{осадка}).$ <p>2. Если при смешивании растворов (растворов и веществ) газ или осадок не выделяются, то масса конечного раствора в точности равна сумме масс всех смешиваемых компонентов:</p> $m(\text{р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m_2(\text{р-ра}) + \dots ,$ $m(\text{р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m(\text{в-ва}).$ <p>Массу конечного раствора можно найти суммированием масс всех веществ, находящихся в растворе (включая воду!), но при этом массы газа или осадка не вычитаются.</p> <p>ПРИМЕР 1. В воде массой 80 г растворили натрий массой 10 г. Найдите массовую долю щелочи в полученном растворе.</p> <p style="text-align: center;">Решение</p> <p>Записываем уравнение реакции:</p>



$$M(\text{Na}) = 23 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}.$$

Находим:

$$n(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{M(\text{Na})} = \frac{10}{23} = 0,435 \text{ (моль)}.$$

Из уравнения реакции следует:

$$x = n(\text{NaOH}) = 0,435 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,435 \cdot 40 = 17,4 \text{ (г)};$$

$$y = n(\text{H}_2) = \frac{0,435 \cdot 1}{2} = 0,2175 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{H}_2) = 0,2175 \cdot 2 = 0,435 \text{ (г)}.$$

Рассчитываем массовую долю NaOH:

$$w(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{р-ра NaOH})} = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}) - m(\text{H}_2)};$$

$$w(\text{NaOH}) = \frac{17,4}{80 + 10 - 0,435} = \frac{17,4}{89,57} = 0,194 \text{ (19,4\%)}.$$

По-другому массу конечного раствора можно найти суммированием масс полученного NaOH (17,4 г) и непрореагировавшей воды:

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{непр.}} = 80 - 0,435 \cdot 18 = 72,17 \text{ (г)}.$$

Имеем:

$$m(\text{р-ра NaOH}) = 17,4 + 72,17 = 89,57 \text{ (г)}.$$

Ответ: $w(\text{NaOH}) = 19,4\%$.

В заданиях на эту тему встречаются задачи на изменение массы находящихся в равновесии сосудов в результате протекания химических реакций.

Обозначим химическое количество меди y моль. Тогда имеем:

$$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 64y \text{ (г)};$$

$$n(\text{NO}) = z = \frac{2 \cdot y}{3} = 0,667y \text{ (моль)};$$

$$m(\text{NO}) = n(\text{NO}) \cdot M(\text{NO}) = 0,667y \cdot 30 = 20y \text{ (г)}.$$

Получаем:

$$\Delta m(\text{II}) = m(\text{Cu}) - m(\text{NO}) = 64y - 20y = 44y.$$

Поскольку $\Delta m(\text{I}) = \Delta m(\text{II})$, получаем:

$$25,2 = 44y;$$

$$y = 0,573 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 0,573 \cdot 64 = 36,7 \text{ (г)}.$$

Ответ: $m(\text{Cu}) = 36,7 \text{ г}$.

При взаимодействии различных классов соединений в общем случае могут образоваться соль одного состава (средняя, кислая или основная) или же смесь кислой и средней соли или средней и основной соли (кислые и основные соли в растворе совместно не существуют)¹.

Решать такие задачи нужно по следующей схеме:

- 1) рассчитываем химические количества реагентов;
- 2) записываем уравнения возможных реакций между реагентами;
- 3) на основании анализа химических количеств реагентов и их стехиометрических коэффициентов делаем вывод о составе продуктов.

ПРИМЕР 18-1.* Оксид фосфора(V) массой 7,1 г полностью растворили в растворе гидроксида калия массой 56 г с массовой долей щелочи 20%. Найдите состав и массовую долю соли в полученном растворе.

Решение

Этап 1

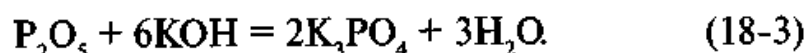
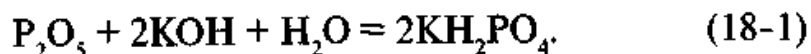
$$M(\text{P}_2\text{O}_5) = 142 \text{ г/моль}; M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль};$$

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{m(\text{P}_2\text{O}_5)}{M(\text{P}_2\text{O}_5)} = \frac{7,1}{142} = 0,05 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{KOH}) = m(\text{p-ра KOH}) \cdot w(\text{KOH}) = 56 \cdot 0,2 = 11,2 \text{ (г)};$$

$$n(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})} = \frac{11,2}{56} = 0,2 \text{ (моль)}.$$

Этап 2



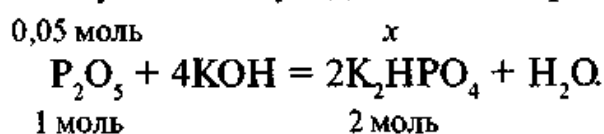
Этап 3

Согласно данным задачи (см. этап 1), находим отношение химических количеств щелочи и оксида:

$$n(\text{KOH}) : n(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,2 : 0,05 = 4 : 1.$$

Видим (см. этап 2), что такое отношение отвечает стехиометрическим коэффициентам для KOH и P₂O₅ в уравнении (18-2). Следовательно, образуется гидрофосфат калия.

Находим массу и массовую долю соли в растворе.



$$x = n(\text{K}_2\text{HPO}_4) = \frac{0,05 \cdot 2}{1} = 0,1 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{K}_2\text{HPO}_4) = n(\text{K}_2\text{HPO}_4) \cdot M(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 0,1 \cdot 174 = 17,4 \text{ (г)};$$

$$\begin{aligned} m(\text{p-ра K}_2\text{HPO}_4) &= m(\text{p-ра KOH}) + m(\text{P}_2\text{O}_5) = \\ &= 56 + 7,1 = 63,1 \text{ (г)}; \end{aligned}$$

$$w(\text{K}_2\text{HPO}_4) = \frac{m(\text{K}_2\text{HPO}_4)}{m(\text{p-ра K}_2\text{HPO}_4)} = \frac{17,4}{63,1} = 0,276 \text{ (27,6 \%)}.$$

Ответ: $w(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 27,6 \%$.

Рассмотрим пример решения задачи, когда образуется смесь солей.

ПРИМЕР 18-2.* Оксид фосфора(V) массой 14,2 г полностью растворили в растворе КОН массой 140 г с массовой долей щелочи 20 %. Определите химические количества полученных солей.

Решение

Находим:

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{14,2}{142} = 0,1 \text{ (моль);}$$

$$m(\text{KOH}) = 140 \cdot 0,2 = 28 \text{ (г);}$$

$$n(\text{KOH}) = \frac{28}{56} = 0,5 \text{ (моль);}$$

$$n(\text{KOH}) : n(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,5 : 0,1 = 5 : 1.$$

Видим, что такому отношению химических количеств КОН и P_2O_5 не удовлетворяет ни одно из уравнений реакций (18-1)–(18-3) (см. пример 18-1).

Что делать дальше?

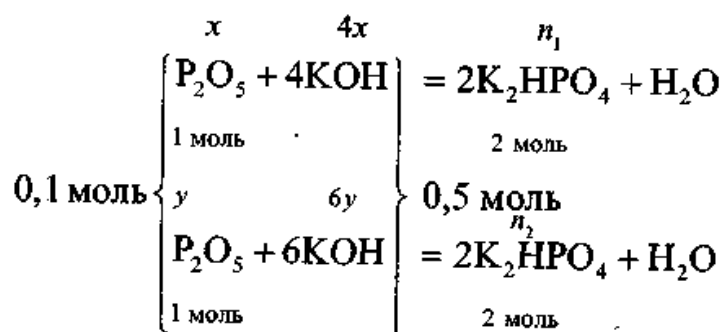
Можно заметить, что коэффициент 5 для КОН лежит в промежутке между стехиометрическими коэффициентами для КОН, равными 4 и 6, в уравнениях реакций (18-2) и (18-3). Это как раз и свидетельствует о том, что образуется смесь солей K_2HPO_4 и K_3PO_4 .

Дальнейшие расчеты можно проводить двумя способами.

Вариант 1

(составление системы двух уравнений)

Выписываем уравнения реакций (18-2) и (18-3):



Составляем систему двух уравнений по химическим количествам KOH и P₂O₅:

$$\begin{cases} x + y = 0,1, \\ 4x + 6y = 0,5. \end{cases}$$

Находим:

$$x = 0,05 \text{ моль,}$$

$$y = 0,05 \text{ моль.}$$

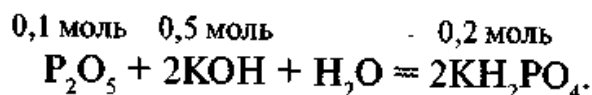
Из уравнений реакций следует:

$$n_1 = n(\text{K}_2\text{HPO}_4) = \frac{2x}{1} = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ (моль);}$$

$$n_2 = n(\text{K}_3\text{PO}_4) = \frac{2y}{1} = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ (моль).}$$

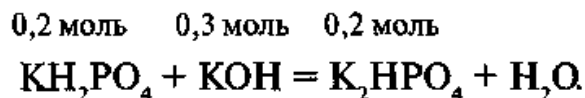
Вариант 2

Допустим, образовался дигидрофосфат калия:



Видим, что КОН взят с избытком; соли образовалось 0,2 моль, а избыточное химическое количество КОН равно $0,5 - 0,1 \cdot 2 = 0,3$ моль.

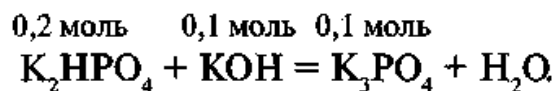
В избытке щелочи протекает вторая реакция, в которую вступают 0,2 моль KH_2PO_4 и 0,3 моль КОН:



В этой реакции КОН опять находится в избытке; образуется 0,2 моль K_2HPO_4 , а в избытке остается

$$0,3 - 0,2 = 0,1 \text{ моль КОН.}$$

В избытке щелочи протекает третья реакция, в которую вступают 0,2 моль K_2HPO_4 и 0,1 моль КОН:



В этой реакции в избытке находится K_2HPO_4 ; образуется 0,1 моль K_3PO_4 и останется $0,2 - 0,1 = 0,1$ моль K_2HPO_4 .

Ответ: $n(\text{K}_2\text{HPO}_4) = n(\text{K}_3\text{PO}_4) = 0,1$ моль.

3

Решите следующие задачи самостоятельно:

1. К раствору объемом 500 см^3 с $w(\text{BaCl}_2) = 5 \%$ ($\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$) прибавили $44,5 \text{ см}^3$ раствора K_2CO_3 ($w = 25 \%$, $\rho = 1,24 \text{ г/см}^3$). Найдите массовые доли веществ в полученном растворе. (0,94 % BaCl_2 ; 2,68 % KCl) I

2. К раствору объемом 250 см^3 с $w(\text{NH}_4\text{Cl}) = 24 \%$ ($\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$) прибавили 224 г раствора NaOH ($w = 25 \%$). Полученный раствор прокипятили до полного удаления аммиака, при этом также испарилось $71,1 \text{ см}^3$ воды. Найдите массовые доли веществ в конечном растворе. (2 % NaOH ; 17,6 % NaCl)

3. Массовые доли бромиды и хлорида калия в растворе одинаковы. Для полного осаждения солей из 1000 г раствора

к нему нужно добавить 1 дм³ раствора AgNO₃ с w = 8 % (ρ = 1,07 г/см³). Определите массовые доли солей в исходном растворе. (2,307 %)

4. К раствору BaCl₂ массой 416 г (w = 10 %) прилили избыток раствора Na₂CO₃ с w = 14 %. Осадок отфильтровали, а к фильтрату добавляли раствор HCl (w = 5 %) до прекращения выделения газа. Определите массу раствора карбоната, если раствора кислоты было израсходовано 438 г. (378,6 г.)

5. На весах уравновешены два стакана, в одном содержится соляная кислота, в другом — раствор KOH. В стакан с KOH добавили 8 г нитрата аммония и сосуд прокипятили до полного удаления газа (вода не испарялась). Какую массу CaCO₃ надо добавить в раствор HCl, чтобы восстановить равновесие? (11,25 г.)

6. К раствору серной кислоты массой 200 г прилили 1040 г раствора BaCl₂ (w = 10 %). Выпавший осадок отфильтровали, а для полной нейтрализации оставшегося фильтрата нужно 250 см³ раствора NaOH (w = 25 %, ρ = 1,28 г/см³). Найдите массовую долю кислоты в исходном растворе. (49 %)

7. Какую массу натрия нужно добавить к 200 см³ раствора NaOH (w = 10 %, ρ = 1,1 г/см³), чтобы получить раствор с w(NaOH) = 20 %? Ответ дайте с точностью до сотых долей грамма. (14,21 г.)

8. Какую массу раствора с w(KHCO₃) = 5 % надо прибавить к 200 г раствора с w(HCl) = 10 %, чтобы понизить массовую долю HCl в два раза (растворимостью CO₂ пренебречь)? (149 г.)

9. Раствор какой массы с w(Ba(OH)₂) = 12,0 % следует добавить к раствору H₂SO₄ массой 89,2 г (w = 21,2 %), чтобы получить раствор с w(H₂SO₄) = 11,8 %? (50,1 г.)

10. Приготовили два раствора Na₂CO₃. Если смешать 100 г первого и 150 г второго растворов, то при действии H₂SO₄ на эту смесь образуется 5,82 дм³ (н.у.) газа. Если же смешать 150 г первого и 100 г второго растворов, то под действием H₂SO₄ получили 4,70 дм³ (н.у.) газа. Найдите w(Na₂CO₃) во втором растворе. (15,3 %)

11. В результате частичного разложения H₂O₂ в растворе масса раствора уменьшилась на 10,0% и образовался раствор с w(H₂O₂) = 32,5 %. Найдите w(H₂O₂) в исходном растворе. (50,5 %)

12. Рассчитайте массовые доли веществ в растворе, полученном при растворении 134,4 объема HCl (н.у.) в одном объеме раствора K₂CO₃ (w = 40 % ; ρ = 1,38 г/см³). Растворимостью CO₂ в воде можно пренебречь. (29,58 % KCl; 13,24 % KHCO₃)

13. Газообразную смесь (н.у.), полученную после сгорания 18,368 дм³ (н.у.) смеси NH₃ и O₂ за счет содержащегося в смеси кислорода, пропустили последовательно через 49 г раствора с w(H₃PO₄) = 20 %, а затем над раскаленной медью. При пропускании над медью объем газа не изменился и составил 4,48 дм³ (н.у.). Найдите массовые доли солей в растворе, образовавшемся после

пропускания газов в раствор фосфорной кислоты. (18,03 % $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; 5,17 % $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)

14. В растворе с $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,0\%$ растворили при нагревании медь, вследствие чего массовая доля кислоты снизилась до 86,5 %. Вычислите $w(\text{CuSO}_4)$ в полученном растворе. (9.39 %)

Желаю вам успехов и крепкого здоровья.

Код доступа:

<https://meet.google.com/gij-tqvz-meo>