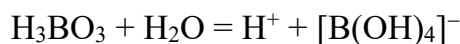
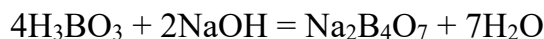


10 КЛАСС (авторы Тарасова И.В., Фурлетов А.А.)

1. В разбавленном водном растворе борной кислоты устанавливается равновесие:



2. При нейтрализации борной кислоты раствором NaOH образуется тетраборат натрия в соответствии с уравнением реакции:

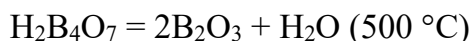
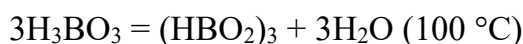


Тогда формулу кристаллогидрата, выпадающего из раствора, можно записать в виде $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Составим уравнение: $\omega(\text{O}) = \frac{16 \cdot (7+n)}{202+18n} = 0.712$, из которого находим $n = 10$.

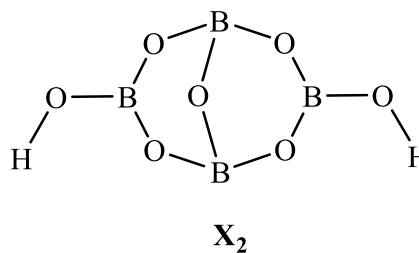
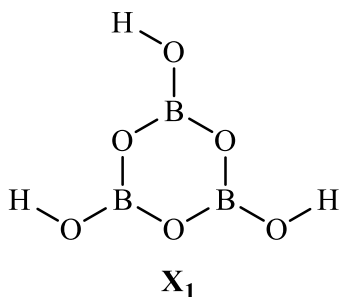
Следовательно, формула кристаллогидрата — $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, его тривиальное название — **бура**.

3. Процесс постепенной дегидратации борной кислоты можно описать следующими уравнениями:

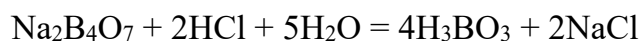


Тогда циклический тример X_1 — триметаборная кислота $(\text{HBO}_2)_3$, кислота X_2 — тетраборная кислота $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$, при полной дегидратации образуется оксид бора B_2O_3 .

Структурные формулы:



4. При получении борной кислоты протекает реакция:



5. Рассчитаем количества вещества исходных реагентов для синтеза:

$$n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{2}{382} = 5.236 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{5 \cdot 1.18 \cdot 0.36}{36.5} = 0.0582 \text{ моль}$$

Видим, что соляная кислота взята в избытке, следовательно, теоретический выход

борной кислоты будем считать по буре. По уравнению реакции:

$$n(H_3BO_3) = 4 \cdot n(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = 2.094 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$

$$m(H_3BO_3)_{\text{теор.}} = 2.094 \cdot 10^{-2} \cdot 62 = \mathbf{1.298 \text{ г}}$$

Теперь рассчитаем максимальную теоретическую массу борной кислоты, которую можно выделить из раствора с учетом растворимости при 0 °С, считая, что HCl не оказывает существенного влияния на растворимость борной кислоты. В насыщенном растворе борной кислоты при этой температуре:

$$\omega(H_3BO_3) = \frac{2.52}{2.52 + 100} = 0.0246$$

Масса раствора, полученного в синтезе:

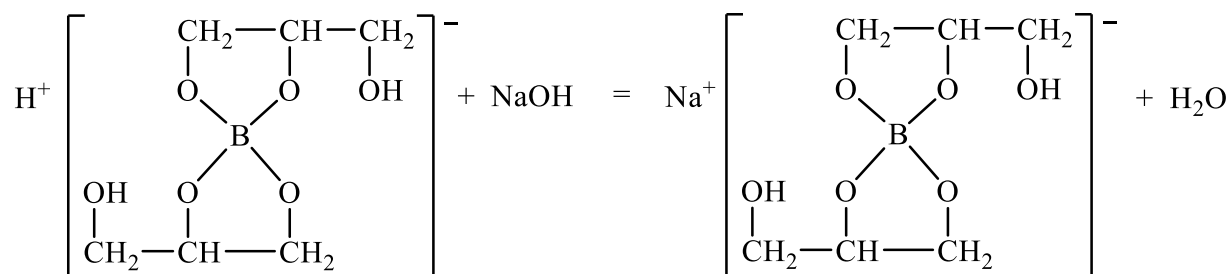
$$m(p - \text{ра}) = m(\text{буры}) + m(\text{воды}) + m(HCl) = 2 + 10 + 5 \cdot 1.18 = 17.9 \text{ г}$$

Пусть при охлаждении раствора до 0 °С в осадок выпадет x г борной кислоты, тогда можем составить уравнение:

$$\frac{1.298 - x}{17.9 - x} = 0.0246$$

Решая уравнение, получим $x = 0.88$ г. Таким образом, используя данную методику, можно получить максимально **0.88 г** борной кислоты в виде осадка.

6. При титровании комплексной кислоты протекает реакция нейтрализации:



7. По уравнению реакции, протекающей при титровании, видим, что

$$n(NaOH) = n(HA) = n(H_3BO_3) = c(NaOH) \cdot V(NaOH)$$

Тогда массу полученной борной кислоты можно рассчитать по формуле:

$$m(H_3BO_3) = \frac{c(NaOH) \cdot V(NaOH) \cdot M(H_3BO_3) \cdot V_K}{1000 \cdot V_{\text{ал}}}$$

где $c(NaOH)$ — точная концентрация стандартного раствора титранта (моль/л), $V(NaOH)$ — средний объем титранта (мл), пошедший на титрование, V_K — объем мерной колбы, в которой приготовлен анализируемый раствор (100.0 мл), $V_{\text{ал}}$ — объем аликвоты анализируемого раствора, взятой для титрования (10.00 мл).

Система оценивания

1. Уравнение реакции (задание 1) 2 балла
2. Установление состава кристаллогидрата (задание 2) 4 балла
3. Тривиальное название (задание 2) 2 балла
4. Уравнения реакций (задание 3) — 3 уравнения по 2 б 6 баллов
5. Структурные формулы (задание 3) — 2 формулы по 2 б 4 балла
6. Уравнение реакции (задание 4) 3 балла
7. Расчет теоретической массы H_3BO_3 по уравнению реакции (задание 5) 4 балла
8. Расчет теоретической массы H_3BO_3 с учетом растворимости (задание 5) 4 балла
9. Уравнение реакции (задание 6) 2 балла
10. Правильность расчета $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 3 балла

11. *Точность определения* концентрации раствора NaOH оценивается, исходя из разницы (ΔV , мл) между величиной среднего объема титранта, который участник затратил на титрование, и ожидаемым значением, в соответствии с таблицей:

Стандартизация NaOH	
ΔV , мл	Баллы
≤ 0.15	20
0.15 – 0.20	16
0.20 – 0.30	12
0.30 – 0.40	8
0.40 – 0.50	4
> 0.50	0

12. *Правильность расчета* концентрации раствора NaOH (оценивается, исходя из среднего объема титранта, полученного участником, безотносительно точности титрования) 3 балла

13. Точность определения концентрации H_3BO_3 в растворе оценивается, исходя из разницы (ΔV , мл) между величиной среднего объема титранта, который участник затратил на титрование, и ожидаемым значением, в соответствии с таблицей:

Определение H_3BO_3	
ΔV , мл	Баллы
≤ 0.10	20
0.10 – 0.20	16
0.20 – 0.30	12
0.30 – 0.40	8
0.40 – 0.50	4
> 0.50	0

14. Правильность расчета массы борной кислоты в анализируемом растворе (оценивается, исходя из среднего объема титранта, полученного участником, безотносительно точности титрования) 3 балла

ИТОГО:

80 баллов

Штрафные баллы: если участнику понадобится дополнительное количество реактива или замена разбитой посуды, то доливание реактива или замена посуды производится со штрафом 4 балла.