

Задача 2.

Неорганическое вещество **X** было впервые получено в 1910 году путём взаимодействия бинарного соединения **A** и концентрированного водного раствора бинарного соединения **B** (реакция 1). Если ту же реакцию проводить в среде ацетонитрила, то удаётся достичь гораздо более высокого выхода **X**. Водные растворы **X** неустойчивы и со временем распадаются на соединение **B** и вещество **C** (реакция 2), которое производится в промышленных масштабах. Вещество **C** можно использовать для получения **X**. Для этого вещество **C** окисляют фтором на холоду, с образованием веществ **D** и **E** (реакция 3), а затем полученное вещество **D** подвергают частичному гидролизу, с образованием веществ **C** и **X** (реакция 4). Соединение **D** также можно получить при взаимодействии хлорной кислоты с солью **F** (реакция 5), образующейся при электролизе холодного концентрированного раствора соли **G** (реакция 6), содержащей 44,9% калия (по массе). Известно, что при взаимодействии раствора соли **G** с раствором хлорида бария выпадает белый осадок (реакция 7), растворимый в соляной кислоте (реакция 8). Определите неизвестные вещества **A–G** и **X** и напишите уравнения реакций 1–8. Изобразите структурные формулы веществ **D** и **X**. Как в промышленности получают вещество **C**?

Решение

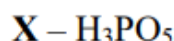
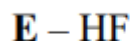
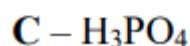
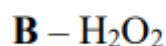
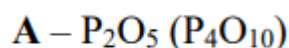
Поскольку большинство процессов протекает в водных растворах речь, скорее всего, идет о кислородосодержащих соединениях. Определим соль **G**. Молярная масса **G** может быть рассчитана, как:

$$M(\mathbf{G}) = \frac{xM(\mathbf{K})}{\omega(\mathbf{K})} = \frac{39.1x}{0.449} = 87.1x,$$

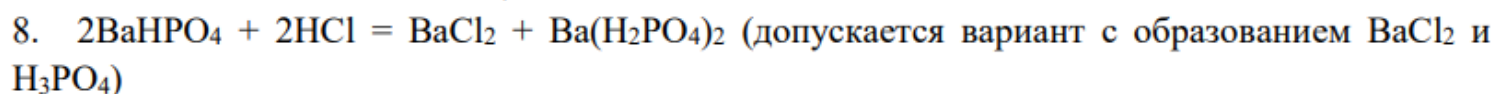
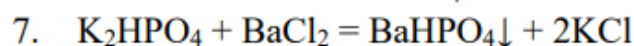
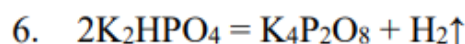
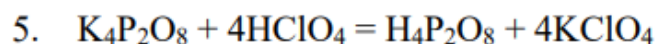
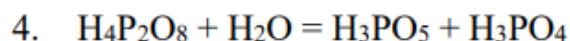
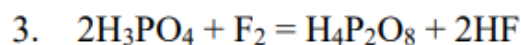
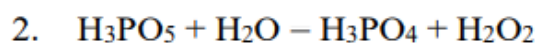
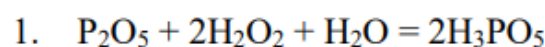
где x — количество атомов калия в формульной единице соли **G**.

При $x=1$ нет подходящих вариантов, а при $x=2$ находим, что $M(\mathbf{G})=174.2$ г/моль, т.е. на кислотный остаток приходится $174,2-39,1 \cdot 2 = 96$ г/моль, что соответствует сульфату и гидрофосфату. Поскольку сульфат бария нерастворим в соляной кислоте, то единственный подходящий вариант на роль соли **G** — гидрофосфат калия K_2HPO_4 . Значит, речь в задаче идет о соединениях фосфора. Соединение **D** получается либо при окислении **C** фтором, либо при подкислении соли **F**, являющейся продуктом электролиза **G**. Данный набор реакций указывает на образование пероксидных соединений. При электролизе гидрофосфата калия образуется пероксодифосфат калия $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_8$ **F** (аналогия с получением пероксодисульфата из гидросульфата). Значит вещество **D** — пероксодифосфорная кислота $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8$. Гидролиз пероксодифосфорной кислоты даст пероксомонофосфорную кислоту H_3PO_5 **X** и ортофосфорную кислоту H_3PO_4 **C**. Бинарные соединения **A** и **B** — оксид фосфора (V) P_2O_5 и пероксид водорода H_2O_2 .

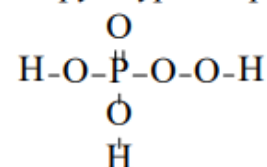
Формулы веществ:



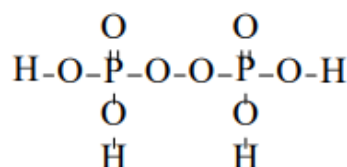
Уравнения реакций:



Структурные формулы:

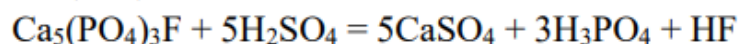
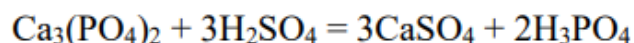
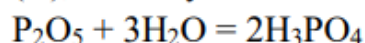


X



D

Ортофосфорную кислоту получают в промышленности либо гидратацией оксида фосфора (V), либо путем взаимодействия фосфорита или апатитов с серной кислотой.



(засчитывается один любой вариант)

Критерии оценивания:

Формулы веществ A-G, X – по 1 баллу (всего 8 баллов)

Уравнения реакций 1-8 – по 1 баллу (всего 8 баллов) (неуравненные реакции оцениваются в 0,5 балла)

Структурные формулы X и D – по 1 баллу (всего 2 балла)

Любой верный способ промышленного получения фосфорной кислоты – 2 балла.

Итого 20 баллов.