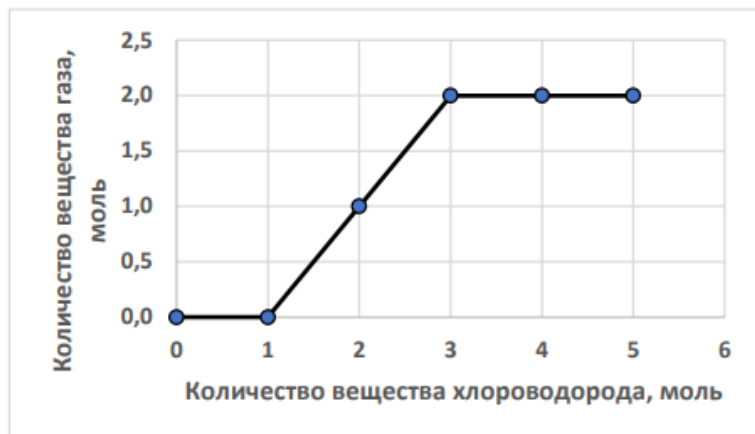
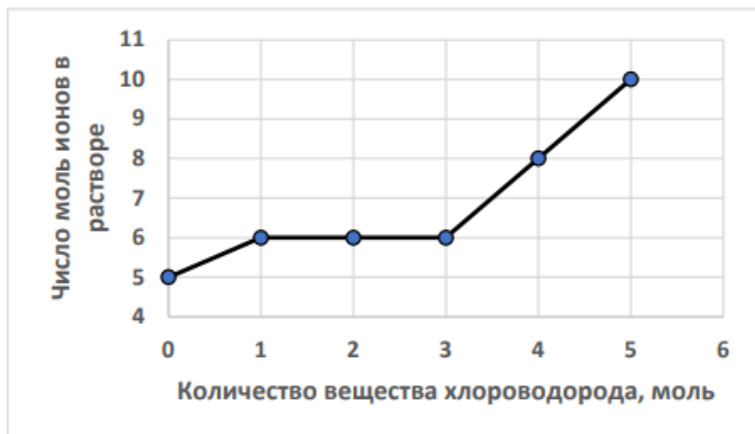


Задача №3.

Навеску вещества **A** (один моль) растворили в воде. Через полученный раствор постепенно пропускали газообразный хлороводород. При этом из раствора интенсивно выделялся бесцветный газ **Г** тяжелее воздуха. Графики зависимости количеств веществ выделившегося газа и общего числа ионов в растворе от количества вещества пропущенного в раствор хлороводорода приведены. Дополнительно известно, что при добавлении к такому же объёму раствора вещества **A** небольшого избытка хлорида кальция выпадает 100 г белого безводного осадка **Б**, растворимого в сильных кислотах. Если же добавить небольшой избыток известковой воды, то выпадет 200 г такого же осадка. Раствор вещества **A** окрашивает пламя в желтый цвет и может быть использован как моющее средство, а растворенная навеска вещества **A** имеет массу 226 г. В состав вещества **A** входят три типа ионов.



- 1) Определите формулы веществ **A**, **Б**, **Г**, ответ обоснуйте.
- 2) Объясните ход графиков при добавлении 3 – 5 моль хлороводорода.
- 3) Напишите уравнения протекающих реакций.
- 4) Как называется минерал, основным компонентом которого является вещество **A**?

Атомные массы элементов необходимо округлять до целых чисел.

Решение:

- 1) Так как раствор вещества **A** окрашивает пламя в желтый цвет, то **A** содержит натрий.
- 2) Интенсивное выделение газа при добавлении хлороводорода (сильной кислоты) может навести на мысль о том, что в состав **A** входят либо карбонат-анионы, либо гидрокарбонат-анионы. Об этом же свидетельствует выпадение осадка, способного растворять в кислотах, при добавлении растворов, содержащих катионы кальция. Тогда **B** – карбонат кальция CaCO_3 , а **Г** – углекислый газ CO_2 . Также в пользу содержания карбонат-

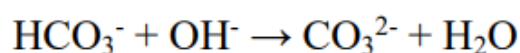
или гидрокарбонат-анионов говорит упоминание о моющем действии раствора вещества **A**.

- 3) Чтобы сделать вывод о составе **A** рассмотрим процессы взаимодействия карбоната натрия и гидрокарбоната натрия с соляной кислотой, когда каждого из реагентов берется по 1 моль, причем будем анализировать полные ионные виды, т.к. один из графиков показывает общее количество ионов:

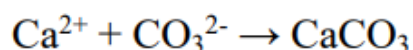
Реакция	Изменение числа ионов в растворе при добавлении HCl	Количество вещества выделяющегося CO_2
$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow$ $\rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	0 моль	1 моль
$2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow$ $\rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-$	+1 моль	0 моль

Изменение числа моль ионов в растворе рассматривается относительно исходного раствора, т.е. без учета ионов, образующихся при диссоциации хлороводорода!

Если при добавлении первого моля хлороводорода газ не выделяется, а количество ионов увеличивается на 1 моль, то, значит в растворе, вещества **A** содержится 1 моль карбонат-анионов CO_3^{2-} , которые превращаются в 1 моль гидрокарбонат-анионов HCO_3^- . Если бы больше гидрокарбонат-анионов HCO_3^- в растворе не было, то углекислого газа выделялось бы тоже 1 моль. Но, т.к. его выделяется 2 моля, то можно сделать вывод, что изначально в растворе **A** кроме 1 моля карбонат-анионов CO_3^{2-} содержится 1 моль гидрокарбонат-анионов HCO_3^- . Тогда на 1 моль карбонат-анионов CO_3^{2-} и на 1 моль гидрокарбонат-анионов HCO_3^- содержится 3 моля катионов натрия, чтобы раствор был электронеutralным, и в нем содержалось суммарно 5 молей ионов (см. первый график). В пользу этой идеи говорят данные о том, что в растворе содержится три типа ионов. Также подтверждает эти выводы массы выпадающего карбоната кальция в двух случаях: в первом случае выпадает 1 моль карбоната кальция (100 г), а во втором в два раза больше, т.к. при добавлении известковой воды сначала происходит отрыв катионов водорода от 1 моля гидрокарбонат-анионов:



Это приводит к увеличению количества вещества карбонат-анионов CO_3^{2-} до 2 молей, а, следовательно, и увеличению массы карбоната кальция в два раза (до 200 г):



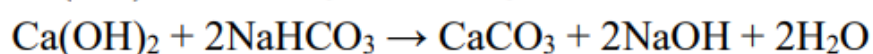
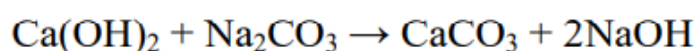
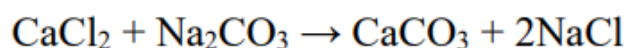
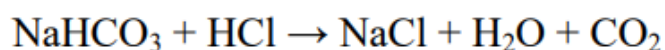
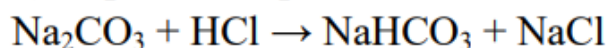
Получается, что в 1 моль вещества **A** содержится 3 моля катионов натрия, 1 моль гидрокарбонат-анионов и 1 моль карбонат-анионов. Возможно, формула вещества **A** это $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3$. Проверим это, рассчитав молярные массы. Молярная масса $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3$ составляет 190 г/моль. Молярную массу **A** можно рассчитать по данным о массе навески и количестве вещества:

$$M(\text{A}) = m(\text{A}) : n(\text{A}) = 226 \text{ г} : 1 \text{ моль} = 226 \text{ г/моль}$$

Несложно заметить, что разница значений молярных масс **A** и $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3$ составляет 36 г/моль, что соответствует двум молекулам воды. Следовательно, вещество **A** имеет формулу $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

4) Ход графиков при добавлении 3-5 моль хлороводорода объясняется следующим образом. Количество ионов увеличивается на 2 моль на 1 моль добавленного хлороводорода, т.к. ионы в растворе образуются только за счет диссоциации хлороводорода. Количество выделившегося углекислого газа не меняется, т.к. при добавлении 3 моль хлороводорода все карбонат- и гидрокарбонат-анионы полностью реагируют с катионами водорода.

5) Уравнения реакций:



6) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ является основным компонентом минерала «трона» или «египетская соль», который встречается в природе в виде кристаллических корок или пластинчатых кристаллов с дефектами.

Критерии оценивания:

- вывод о содержании в веществе **А** катионов натрия – 1 балл
- вывод о наличии карбонат- или гидрокарбонат-анионов – 1 балл
- идентификация **Б** и **Г** – по 2 баллу – суммарно 4 балла
- вывод формулы кристаллогидрата – 3 балла
- ход графиков после пропускания 3 моль хлороводорода – 2 балла
- уравнения реакций – по 1,5 балла – суммарно 7,5 баллов
- любое верное название минерала – 1.5 балла