

Решения задач экспериментального тура

Девятый класс (Саморукова О. Л.)

Таблица 1

№ пробирки	1	2	3	4	5	6	7	8
вещество	MgSO_4	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	Na_2S	NaOH	KI	MnSO_4	HCl
MgSO_4		-	↓бел.	↓бел.	↓бел.	-	-	-
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	-		↓бел. Р-ся в NaOH	↓бел. Р-ся в NaOH ; ↑ с характ. запахом	↓бел. Р-ся в изб. NaOH	-	-	-
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	↓бел.	↓бел. Р-ся в NaOH		↓черн.	↓бел. Р-ся в изб. NaOH	↓желт.	↓бел.	↓бел. Р-ся при t°
Na_2S	↓бел.	↓бел. Р-ся в NaOH ; ↑ с характ. запахом	↓черн.		-	-	↓телесн.	↑ с характ. запахом
NaOH	↓бел.	↓бел. Р-ся в изб. NaOH	↓бел. Р-ся в изб. NaOH	-		-	↓бурет	-
KI	-	-	↓желт.	-	-		-	-
MnSO_4	-	-	↓бел.	↓телесн.	↓бурет	-		-
HCl	-	-	↓бел. Р-ся при t°	↑ с характ. запахом	-	-	-	

Вещества в пробирках могут быть проанализированы в любом порядке, поэтому ниже мы рассмотрим варианты реакций, которые могут доказать присутствие вещества в пробирке. В качестве методического приема, облегчающего решение задачи, можно порекомендовать следующий подход: подсчитаем число случаев выпадения белых и окрашенных осадков, а также число случаев выделения газа (с характерным запахом H_2S) при добавлении того или иного вещества ко всем остальным. Результаты представим в виде таблицы 2:

Таблица 2

Число случаев	MgSO_4	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	Na_2S	NaOH	KI	MnSO_4	HCl
↓белый	3	3	5	2	3	0	1	1
↓окраш.	0	0	2	2	1	1	2	0
↑с характ. запахом	0	1	0	2	0	0	0	1

Из таблицы видно, что все вещества можно однозначно обнаружить по этим трем признакам. Для этого необходимо внести в 7 чистых пробирок по несколько капель идентифицируемого раствора, а затем добавить растворы других 7-ми веществ, посчитать число наблюдаемых эффектов и в соответствии с вышеприведенной таблицей установить искомое вещество. Однако такой способ весьма трудоемок, поскольку для обнаружения 8 веществ потребуется осуществить $7 \cdot 7 = 49$ экспериментов. Поэтому далее приведен более короткий вариант решения поставленной задачи. В качестве примера рассмотрим тот случай, когда нумерация пробирок совпадает с последовательностью веществ в таблице 1. В 7 чистых пробирок перенесем по 10-15 капель раствора из первой пробирки (MgSO_4) и по каплям будем добавлять растворы из других пробирок. При добавлении $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, KI , MnSO_4 и HCl раствор в пробирке останется прозрачным. При добавлении растворов $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, Na_2S и NaOH будут выпадать белые осадки. Поскольку наблюдаем образование 3-х белых осадков и не отмечаем появления запаха

сероводорода, то в соответствии с вышеприведенной таблицей делаем вывод, что в пробирке №1 – **MgSO₄**.

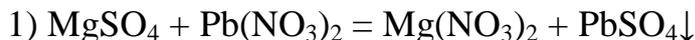
В трех пробирках, где выпали белые осадки (№ 3, 4 и 5) были **Pb(NO₃)₂**, **Na₂S** и **NaOH**. Чтобы различить их в 2 чистые пробирки перенесем по 10–15 капель раствора из пробирки № 2 и добавим по каплям растворы из пробирок № 4 и № 5. В первом случае наблюдаем образование черного осадка **PbS**, а во втором – белого **Pb(OH)₂**, который растворяется при добавлении избытка **NaOH**. Данные наблюдения позволяют однозначно установить вещества в пробирках № 3, 4 и 5. Таким образом, мы обнаружили **Pb(NO₃)₂**, **Na₂S** и **NaOH**.

Pb(NO₃)₂, единственный из всех соединений, будет взаимодействовать со всеми веществами, находящимися в других пробирках, поэтому его можно использовать для обнаружения оставшихся веществ (**Al₂(SO₄)₃**, **KI**, **MnSO₄** и **HCl**). Для этого в 4 чистые пробирки переносим по 10–15 капель этих растворов и добавляем по каплям раствор **Pb(NO₃)₂**, наблюдаем за эффектом реакции.

При добавлении раствора **Pb(NO₃)₂** к растворам **Al₂(SO₄)₃** и **MnSO₄** выпадает осадок **PbSO₄**, который будет медленно растворяться при добавлении щелочи. В случае **Al₂(SO₄)₃** добавление щелочи приведет к образованию **Al(OH)₃**, который также растворяется в ее избытке, поэтому в итоге все выпавшие осадки растворятся. В случае **MnSO₄** при добавлении щелочи будет образовываться белый осадок **Mn(OH)₂**, не растворяющийся в избытке щелочи и буряющий на воздухе. При добавлении раствора **Pb(NO₃)₂** к раствору **KI** выпадает желтый осадок **PbI₂**, а к раствору **HCl** – белый осадок **PbCl₂**, который растворяется при нагревании и выпадает вновь при охлаждении.

Таким образом мы доказали присутствие всех веществ в пробирках.

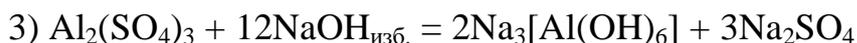
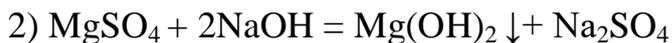
Уравнения реакций



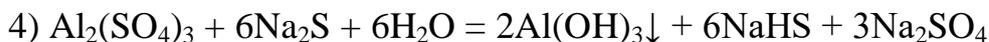
(аналогичные реакции $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и MnSO_4)



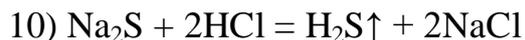
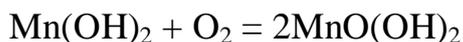
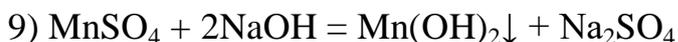
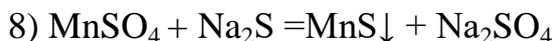
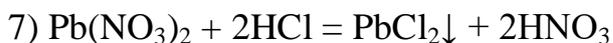
(аналогичная реакция с $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)



или $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$, или $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$



или



Система оценивания:

1) Открытие веществ в пробирках с обоснованием: 8 по 2 балла = 16 баллов.

2) Составление таблицы с указанием наблюдений (изменение цвета, образование/растворение осадка, выделение газа, появление запаха): 4 балла.

3) Уравнения реакций: 10 по 1 баллу = 10 баллов.

Итого: 30 баллов.