

## Юный Химик и напиток каркаде

Всему классу Юного Химика выдали проектное задание на креативное мышление — приготовить три разных раствора с как можно более похожими цветами. Юному Химику достался цвет напитка каркаде без сахара, чему он крайне обрадовался, так как уже посмотрелся на бесцветные растворы солей щелочных металлов и на сине-зеленые растворы солей меди. Для приготовления таких растворов он решил использовать всего пять веществ — **карбонат натрия, хлорид марганца, хлорид кобальта**, а также особые вещества **X** и **Y**. Наведя пять соответствующих растворов исходных веществ наш герой не удержался и смешал каждое с каждым, чтобы поглядеть чего интересного выйдет. К сожалению, из-за этого отступления от плана Юному Химику пришлось заново наводить все пять растворов, на что ушли лишние сутки.

Когда наконец исходные растворы были готовы, Юный Химик сделал три раствора, каждый из которых обладал примерно одинаковым светло-вишневым цветом. Для достижения идеального сходства он еще пару часов играл с концентрациями компонентов. На защите проекта Юный Химик выставил на стол три банки с разными растворами, и даже сказал, какие смеси использовал, однако никто не смог догадаться, где что разлито. Учитель оценил работу на высший балл и наградил ученика дипломом за проделанную работу!

Вам предстоит определить, какие вещества помимо трех известных солей использовал Юный Химик при подготовке, а затем — что именно содержит каждый раствор цвета каркаде.

### Легенда к демонстрационному эксперименту:

Вам выданы пять различных растворов веществ (**A**, **B**, **C**, **X**, **Y**). Известно, что среди них есть растворы  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{CoCl}_2$ , а также водные растворы двух неизвестных соединений **X** и **Y**.

### Легенда к экспериментальному блоку (пробирочным опытам):

Вам выданы три раствора (раствор 1, 2, 3) состоящие из веществ **A**, **B**, **C**, **X** и **Y**. При этом известно, что один из растворов представляет собой раствор одного вещества, другой — двух веществ, а третий — трех веществ. Про каждый из растворов известно, что он содержит не менее одной соли. Номера растворов не обязательно совпадают с порядком описания (не факт, что в первом растворе одно вещество, а в третьем — три).

Часть 1. Демонстрационный эксперимент

Взаимодействие с индикаторной бумажкой

Раствор	А	В	С	Х	У
Цвет бумажки	Оранжево-красный (pH ≈ 2-3)	Синий (pH ≈ 12-13)	Оранжево-красный (pH ≈ 2-3)	Зеленый (pH ≈ 7)	Зеленый (pH ≈ 7)
Выводы	Соль имеет кислую среду	Соль имеет щелочную среду	Соль имеет кислую среду	Раствор Х нейтральный	Раствор У нейтральный

*С каким явлением вы связываете изменение окраски индикаторной бумажки в растворах солей?*

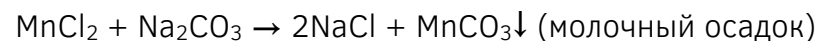
Несмотря на то, что соли – это не кислоты или основания, их среда может отличаться от нейтральной за счет процесса гидролиза. Соли с анионами слабых кислот и катионами щелочей обладают кислой средой, наоборот – щелочной.

**Попарные смешения растворов**

№	Что сделали	Наблюдения
1	Добавили А в В	Образование аморфного осадка белого цвета, который со временем слегка коричневеет снизу. Раствор при этом прозрачный и бесцветный.
2	Добавили С в В	Образование аморфного осадка пурпурно-фиолетового цвета, который снизу имеет синюю окраску. Раствор при этом прозрачный и бесцветный.
3	Добавили Х в В	Раствор слабо окрашивается в цвет раствора Х (бледно-желто-оранжевый)
4	Добавили Y в В	Раствор окрашивается в фиолетово-малиновый цвет
5	Добавили А в Y	Растворы смешиваются без изменения цвета
6	Добавили С в Y	Раствор слабо окрашивается в цвет раствора С (бледно-вишневый)
7	Добавили Х в Y	Раствор слабо окрашивается в цвет раствора Х (бледно-желто-оранжевый)
8	Добавили С в А	Раствор слабо окрашивается в цвет раствора С (бледно-вишневый)
9	Добавили Х в А	Раствор сверху окрашивается в бледно-алый цвет (похож на цвет разбавленного С)
10	Добавили С в Х	Раствор меняет цвет с оранжевого на алый (похож на цвет С)

Уравнения реакций, которые протекают в опытах 1–10:

Почти все изменения цветов связаны не с химическими реакциями, а со смешением цветов или с переходами **индикаторов**, коими являются X и Y. Догадаться о природе веществ можно по характерным реакциям щелочной соли В с раствором Y с образованием малиновой окраски — такую дает фенолфталеин. А кислые соли А и С при взаимодействии с X дают алые растворы, что характерно для метилоранжа. По взаимодействию А, В и С можно сделать вывод, кто есть кто. А и С не реагируют, следовательно, это  $\text{CoCl}_2$  и  $\text{MnCl}_2$ , а отличить их друг от друга можно по реакции с В –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Карбонат марганца бледного цвета, а кобальта – синего или фиолетового, поэтому можно однозначно отличить вещества друг от друга. Реакций всего две:



**Выводы из демонстрационных опытов. Расшифруйте растворы А, В, С, X, Y и обоснуйте свой выбор.**

Раствор	А	В	С	Х	Y
Вещество	$\text{MnCl}_2$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{CoCl}_2$	Метилоранж	Фенолфталеин

**Обоснование:**

А и С не реагируют друг с другом, а В реагирует с обоими, причем по цветам осадков однозначно определяются кобальт и марганец. Исходная окраска растворов А, В, С также однозначно намекает на вещества. Растворы индикаторов определяются по характерным окраскам с кислыми/щелочным растворами солей.

Часть 2. Экспериментальный блок (пробирочные опыты)

Взаимодействие с индикаторной бумажкой

Раствор	Раствор 1	Раствор 2	Раствор 3
Цвет бумажки	Оранжево-красный	Оранжево-красный	Синий
Выводы	Кислый раствор	Кислый раствор	Щелочной раствор

Выводы. Какие вещества входят в состав каждого из растворов?

Впишите в соответствующие клеточки растворов те вещества, которые содержатся в растворах. Помните, что один из растворов представляет собой раствор одного вещества, другой — двух веществ, а ещё один — трех веществ. Этот блок заполняется в самом конце.

Раствор	Вещество 1	Вещество 2	Вещество 3
Раствор 1	$\text{CoCl}_2$		
Раствор 2	$\text{MnCl}_2$	Метилоранж	
Раствор 3	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Метилоранж	Фенолфталеин

Реактив	Что сделали?	Наблюдения	Уравнения реакций
NaOH, раствор 1	Изб. 1 + NaOH	Розовый раствор, в котором мелкие сине-зеленые частички	$\text{CoCl}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{Co(OH)}_2\downarrow$
	Изб. NaOH + 1	Смесь мути болотного цвета и мути сине-зеленого цвета, раствор при этом прозрачный	$\text{CoCl}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{Co(OH)}_2\downarrow$
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , раствор 1	Изб. 1 + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Нет изменений	
	Изб. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 1	Бледный цвет раствора 1	
AgNO <sub>3</sub> , раствор 1	Изб. 1 + AgNO <sub>3</sub>	Белый творожистый осадок, кажется розовым из-за цвета раствора (каркаде). В густой части, видно, что он именно белый.	$\text{CoCl}_2 + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Co(NO}_3)_2 + 2 \text{AgCl}\downarrow$
	Изб. AgNO <sub>3</sub> + 1	Сплошная бело-розовая муть, хорошо видны крупинцы осадка.	$\text{CoCl}_2 + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Co(NO}_3)_2 + 2 \text{AgCl}\downarrow$
CuSO <sub>4</sub> , раствор 1	Изб. 1 + CuSO <sub>4</sub>	Нет изменений	
	Изб. CuSO <sub>4</sub> + 1	Бледный раствор с едва заметной голубоватой окраской	
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , раствор 1	Изб. 1 + Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Светло-фиолетовый мутный осадок, раствор без изменений	$\text{CoCl}_2 + 2 \text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{CoSiO}_3\downarrow$
	Изб. Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + 1	Смесь фиолетового и синего мутного осадка, крупинки синего цвета	$\text{CoCl}_2 + 2 \text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{CoSiO}_3\downarrow$ (можно добавить еще реакц. $\text{Co}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Co(OH)}_2$ )

Реактив	Что сделали?	Наблюдения	Уравнения реакций
NaOH, раствор 2	Изб. 2 + NaOH	Желто-коричневая муть	$MnCl_2 + 2 NaOH \rightarrow 2 NaCl + Mn(OH)_2 \downarrow$ Могут написать еще доокисление кислородом
	Изб. NaOH + 2	Желто-коричневая муть	$MnCl_2 + 2 NaOH \rightarrow 2 NaCl + Mn(OH)_2 \downarrow$ Могут написать еще доокисление кислородом
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , раствор 2	Изб. 2 + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Нет изменений	
	Изб. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2	Бледный цвет раствора 2	
AgNO <sub>3</sub> , раствор 2	Изб. 2 + AgNO <sub>3</sub>	Белый творожистый осадок, кажется розовым из-за цвета раствора (каркаде). В густой части, видно, что он именно белый.	$MnCl_2 + 2 AgNO_3 \rightarrow Mn(NO_3)_2 + 2 AgCl \downarrow$
	Изб. AgNO <sub>3</sub> + 2	Сплошная бело-розовая муть, хорошо видны крупницы осадка.	$MnCl_2 + 2 AgNO_3 \rightarrow Mn(NO_3)_2 + 2 AgCl \downarrow$
CuSO <sub>4</sub> , раствор 2	Изб. 2 + CuSO <sub>4</sub>	Нет изменений	
	Изб. CuSO <sub>4</sub> + 2	Бледно-синий раствор	
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , раствор 2	Изб. 2 + Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Желтая муть	$MnCl_2 + 2 Na_2SiO_3 \rightarrow 2 NaCl + MnSiO_3 \downarrow$ Могут быть гидроксид и доокисление
	Изб. Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + 2	Светло-желтая муть	$MnCl_2 + 2 Na_2SiO_3 \rightarrow 2 NaCl + MnSiO_3 \downarrow$ Могут быть гидроксид и доокисление

Реактив	Что сделали?	Наблюдения	Уравнения реакций
NaOH, раствор <b>3</b>	Изб. <b>3</b> + NaOH	Персиковый раствор	
	Изб. NaOH + <b>3</b>	Бледно-персиковый раствор	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , раствор <b>3</b>	Изб. <b>3</b> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Видны пузырьки, цвет сверху розовый, в центре желтый, снизу персиковый	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
	Изб. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + <b>3</b>	Активное выделение пузырей, розовый цвет раствора	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ + могут написать до кислой соли
AgNO <sub>3</sub> , раствор <b>3</b>	Изб. <b>3</b> + AgNO <sub>3</sub>	Светло-коричневый осадок	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow 2 \text{NaNO}_3 + \text{Ag}_2\text{CO}_3\downarrow$ + могут дописать до оксида
	Изб. AgNO <sub>3</sub> + <b>3</b>	Паутинообразный осадок белый цвет	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow 2 \text{NaNO}_3 + \text{Ag}_2\text{CO}_3\downarrow$
CuSO <sub>4</sub> , раствор <b>3</b>	Изб. <b>3</b> + CuSO <sub>4</sub>	Сине-зеленый аморфный осадок, раствор без изменений	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuCO}_3\downarrow$ + могут написать до малахита и выделением CO <sub>2</sub>
	Изб. CuSO <sub>4</sub> + <b>3</b>	Только сине-зеленый мутный раствор с аморфными частицами	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuCO}_3\downarrow$
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , раствор <b>3</b>	Изб. <b>3</b> + Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Цвет немного стал бледнее	
	Изб. Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + <b>3</b>	Цвет раствора <b>3</b> , но сильно бледный	



### Определение веществ.

Легче всего начать с раствора номер 3. Он единственный дает газ с серной кислотой, что говорит о том, что там точно есть  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . При этом со щелочью осадков нет, значит, солей марганца и кобальта там нет. При добавлении кислоты также видно, что там, где кислоты много (сверху), цвет меняется на алый, в середине пробирки (где среда нейтральная) цвет оранжевый, а снизу, где среда щелочная, цвет исходного раствора. Такое необычное поведение возможно, если помимо  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в растворе есть и метилоранж, и фенолфталеин. То есть в растворе 3 три вещества:  **$\text{Na}_2\text{CO}_3$  + метилоранж + фенолфталеин.**

Раствор 2 и 1 точно содержат хлориды, т.к. дают характерные осадки с хлоридом серебра, при этом не реагируют с выделением газа с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . При этом мы точно знаем, что в одной из пробирок должен быть раствор индивидуальной соли, а в другой – смесь соли и чего-то еще. Можно точно сказать уже на основании этого, что раствор с одной солью – это  **$\text{CoCl}_2$  (раствор 1)**. Можно убедиться, что по всем реакциям наблюдения сходятся для  $\text{CoCl}_2$ .

Тогда в растворе 2 гарантированно есть  $\text{MnCl}_2$  и какое-то еще вещество. Такой цвет может дать только метилоранж (в кислой среде) или сам  $\text{CoCl}_2$ . Но если бы у нас была смесь с хлоридом кобальта, то мы бы увидели синие осадки в различных реакциях со щелочью и силикатом, а их нет. Получается, что **раствор 2 – это  $\text{MnCl}_2$  + метилоранж.**

Всего за все 30 пробирочных опытов встречаются 9 уникальных реакций (разные варианты конечных продуктов в одних парах реагентов не считаются уникальными реакциями):

- 1) Образование осадка  $\text{Co}(\text{OH})_2$
- 2) Образование осадка  $\text{Mn}(\text{OH})_2$
- 3) Образование газа  $\text{CO}_2$
- 4) Образование осадка  $\text{AgCl}$  из  $\text{CoCl}_2$
- 5) Образование осадка  $\text{AgCl}$  из  $\text{MnCl}_2$
- 6) Образование осадка  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$
- 7) Образование осадка  $\text{CuCO}_3$
- 8) Образование осадка  $\text{CoSiO}_3$
- 9) Образование осадка  $\text{MnSiO}_3$

**РАЗБАЛЛОВКА.**

**Демонстрационная часть — 30 баллов максимум:**

Индикаторная бумажка — по 0,5 балла за цвет и 0,5 за вывод — 5 баллов максимум.

Ответ на вопрос про явление — 1 балл максимум.

10 попарных смешиваний — по 1 баллу за наблюдение — 10 баллов максимум.

Уравнения реакций — 4 балла максимум за все возможные реакции.

Верные вещества — по 2 балла за каждый верный раствор — 10 баллов максимум.

**Экспериментальная часть — 50 баллов максимум:**

Индикаторная бумажка — по 0,5 балла за цвет и 0,5 за вывод — 3 балла максимум.

30 наблюдений по 1 баллу — 30 баллов максимум.

Уравнения реакций — 9 баллов максимум за все возможные реакции.

Верный состав одного раствора — 2 балла, двух растворов — 5 баллов, трех растворов — 8 баллов максимум.

**ИТОГОВЫЙ МАКСИМУМ:  $30 + 50 = 80$  БАЛЛОВ.**