

1. Юный химик Саша обнаружил на кухне у бабушки пакетик с белым кристаллическим веществом и решил исследовать его подручными средствами. Белые кристаллы хорошо растворялись в воде, а после добавления к полученному раствору уксуса, выделялся газ без цвета и запаха. К другой порции кристаллов Саша добавил средство для прочистки засоров в трубах, после чего тоже выделялся бесцветный газ, но с резким запахом. Когда Саша попытался нагреть оставшиеся кристаллы на сковороде, они исчезли.

1) Что это может быть за вещество?

2) Напишите уравнения реакций, которые провел Саша.

3) Для чего может использовать это вещество в хозяйстве бабушка Саши?

2. В трех неподписанных пробирках находятся растворы сульфата натрия, карбоната натрия и сульфита натрия. Как, используя минимальное количество других реагентов, определить, в какой пробирке что находится? Напишите уравнения реакций, предложенных вами для качественного анализа, в молекулярной, полной ионной и сокращенной ионной формах и укажите признаки их протекания.

3. Смесь углекислого газа и газа **X** массой 17.2 г при 50 °С и нормальном давлении занимает объем 13.25 л. При пропускании этой смеси через известковую воду выпадает 20 г осадка. Напишите необходимое уравнение реакции. Рассчитайте молярную массу газа **X** при условии, что с известковой водой он не реагирует. Приведите формулы не менее трех газов, которые удовлетворяют условию задачи.

4. Образец латуни (сплава, содержащего медь, цинк, алюминий и железо) массой 24 г обработали избытком концентрированной азотной кислоты. При этом выделился газ объемом 12.396 л (измерено при 37°С и давлении 1.5 атм) и остался нерастворившийся остаток массой 0.48 г. При обработке этого остатка избытком концентрированного раствора гидроксида натрия также осталось нерастворившееся вещество и выделился газ, который может прореагировать с 0.72 г продукта сгорания этого вещества в избытке кислорода. Рассчитайте состав латуни в массовых и мольных процентах. Напишите уравнения всех упомянутых реакций. Какой объем газа (н.у.) выделится при обработке такого же образца латуни избытком горячей концентрированной азотной кислоты?

Решения.

1. 3 балла:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
Подходящие вещества: NH_4HCO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	<i>(1 балл)</i>
$\text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONH}_4 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O},$	<i>(0.5 балла)</i>
$\text{NH}_4\text{HCO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O},$	<i>(0.5 балла)</i>
$\text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}.$	<i>(0.5 балла)</i>

Бабушка могла использовать гидрокарбонат (или карбонат) аммония как разрыхлитель для выпечки.	(0.5 балла)
---	--------------------

2. 5 баллов:

Шаги в решении	Первичный балл
Во все пробирки добавляется соляная кислота.	(0.5 балла)
В пробирке с сульфатом натрия – никаких изменений (тем самым мы его нашли). В пробирках с карбонатом и сульфитом натрия наблюдается выделение газа: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ – выделение бесцветного газа с резким запахом (жженных спичек) $2\text{Na}^+ + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- = 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^- + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ – выделение бесцветного газа без запаха. $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- = 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^- + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	(2 балла)
Отличить SO_2 от CO_2 можно не только по запаху, но и (что более надежно) на основании их свойств: SO_2 может проявлять восстановительные свойства (например, обесцвечивать раствор перманганата калия), а CO_2 не может: $3\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ – обесцвечивание фиолетового раствора, выпадение бурого осадка $3\text{SO}_2 + 2\text{K}^+ + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2\downarrow + 2\text{K}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-}$ $3\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2\downarrow + 4\text{H}^+ + 3\text{SO}_4^{2-}$ $\text{CO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} =$ реакция не идет.	(0.5 балла – за KMnO_4) (2 балла – реакции и признаки)

(Угаданные вещества по 1 баллу, минус 0.5 балла за каждые два отсутствующих уравнения реакций)

3. 8 баллов:

Шаги в решении	Первичный балл
Количество моль газовой смеси: $n_{\text{CO}_2} + n_{\text{X}} = \frac{pV}{RT} = \frac{101325 \cdot 13.25 \cdot 10^{-3}}{8.314 \cdot (273+50)} = 0.5 \text{ моль.}$	(0.5 балла)
$\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}.$	(0.5 балла)

$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 20/100 = 0.2$ моль. Следовательно, $n(\text{X}) = 0.5 - 0.2 = 0.3$ моль.	(2 балла)
В свою очередь, масса газовой смеси равна: $m = 17.2 \text{ г} = n(\text{CO}_2) \cdot 44 + n(\text{X}) \cdot M_{\text{X}} = 0.2 \cdot 44 + 0.3 \cdot M_{\text{X}} \Rightarrow 0.3M_{\text{X}} = 8.4 \Rightarrow M_{\text{X}} = 28$ г/моль.	(2 балла)
Подходящие под условие газы: N_2 , CO , C_2H_4 , $^{13}\text{N}^{15}\text{N}$.	(3 балла)

4. 9 баллов:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
С HNO_3 (конц.) без нагревания реагируют 2 компонента латуни – медь и цинк: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (1) $\text{Zn} + 4\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (2)	(1 балл)
Газ объемом 12.396 л – это NO_2 , его количество рассчитаем из уравнения Менделеева-Клапейрона: $n(\text{NO}_2) = pV/RT = 1.5 \cdot 101325 \cdot 12.396 \cdot 10^{-3} / (8.314 \cdot 310) = 0.731$ моль.	(0.5 балла)
Нерастворившийся остаток – это алюминий и железо. Найдем суммарную массу меди и цинка: $m(\text{Cu}) + m(\text{Zn}) = 24 \text{ г} - 0.48 \text{ г} = 23.52 \text{ г}$.	(0.25 балла)
Обозначив количество вещества меди за x , а цинка за y , выразим их общую массу и количество выделившегося в реакциях (1) и (2) NO_2 : $64x + 65y = 23.52$ $2x + 2y = 0.731$ Получили систему уравнений, решая которую, найдем $x = 0.2375$ моль, $y = 0.128$ моль. Находим массы меди и цинка: $m(\text{Cu}) = n \cdot M = 0.2375 \cdot 64 = 15.2 \text{ г}$ $m(\text{Zn}) = 0.128 \cdot 65 = 8.32 \text{ г}$	(1.25 балла)
С гидроксидом натрия реагирует алюминий, железо – не растворилось: $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2\uparrow$ (3) $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ (4) – при нагревании $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 = 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$ (5) – при нагревании	(1 балл)
По условию задачи $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.72 \text{ г}$, найдем его количество: $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m/M = 0.72/160 = 0.0045$ моль. Тогда из уравнения (5) $n(\text{H}_2) = 0.0135$ моль ➔ из уравнения (3) $n(\text{Al}) = 0.009$ моль. Найдем массу алюминия и железа:	(1.5 балла)

$m(\text{Al}) = n \cdot M = 0.009 \cdot 27 = 0.243 \text{ г}$ $m(\text{Fe}) = 0.48 - m(\text{Al}) = 0.48 - 0.243 = 0.237 \text{ г}$	
<p>Латунь, тем самым, состоит из:</p> <p>15.2 г меди, $\omega = 15.2/24 \approx 0.633 = 63.3 \%$, $\chi = 0.2375/(0.2375 + 0.128 + 0.009 + 0.0042) \approx 0.6271 = 62.71 \%$.</p> <p>8.32 г цинка, $\omega = 8.32/24 \approx 0.347 = 34.7 \%$, $\chi = 0.128/(0.2375 + 0.128 + 0.009 + 0.0042) \approx 0.338 = 33.8 \%$.</p> <p>0.243 г алюминия, $\omega = 0.243/24 \approx 0.01 = 1 \%$, $\chi = 0.009/(0.2375 + 0.128 + 0.009 + 0.0042) \approx 0.0238 = 2.38 \%$.</p> <p>0.237 г железа, $\omega = 0.237/24 \approx 0.01 = 1 \%$, $\chi = 100 \% - 62.71 \% - 33.8 \% - 2.38 \% = 1.11 \%$.</p>	(1.5 балла)
<p>В горячей концентрированной азотной кислоте растворяются все металлы:</p> <p>$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>$\text{Zn} + 4\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>$\text{Al} + 6\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ – при нагревании</p> <p>$\text{Fe} + 6\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ – при нагревании</p>	(1 балл)
<p>Объем газа – диоксида азота – рассчитаем из уравнений этих реакций, зная количества металлов в составе латуни:</p> <p>$n(\text{NO}_2) = n(\text{Cu}) \cdot 2 + n(\text{Zn}) \cdot 2 + n(\text{Al}) \cdot 3 + n(\text{Fe}) \cdot 3 = 0.2375 \cdot 2 + 0.128 \cdot 2 + 0.009 \cdot 3 + 0.0042 \cdot 3 = 0.7706 \text{ моль.}$</p> <p>$V(\text{NO}_2) = n \cdot V_m = 0.7706 \cdot 22.4 \approx 17.26 \text{ л.}$</p>	(1 балл)