

Задача 1. Такие разные шпаты

1. Анионы CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , F^- являются кислотными остатками **угольной**, **серной** и **фтороводородной (плавиковой)** кислоты соответственно.
2. Каждый из указанных анионов может быть использован для образования средней соли с каждым из указанных катионов. Таким образом, возможно $3 \cdot 3 = 9$ формул. Возможные формулы указаны в таблице.

	CO_3^{2-} ,	SO_4^{2-} ,	F^-
Ca^{2+}	$CaCO_3$	$CaSO_4$	CaF_2
Ba^{2+}	$BaCO_3$	$BaSO_4$	BaF_2
Mn^{2+}	$MnCO_3$	$MnSO_4$	MnF_2

3.

Формула соли	Название соли
$CaCO_3$	Карбонат кальция
$CaSO_4$	Сульфат кальция
CaF_2	Фторид кальция
$BaCO_3$	Карбонат бария
$BaSO_4$	Сульфат бария
BaF_2	Фторид бария
$MnCO_3$	Карбонат марганца (II)
$MnSO_4$	Сульфат марганца (II)
MnF_2	Фторид марганца (II)

4. По условию задачи, среди солей **A–D** имеется как минимум 1 карбонат, 1 сульфат и 1 фторид, других кислотных остатков по качественному анализу этих соединений нет. Среди указанных только карбонат взаимодействует с соляной кислотой с выделением бесцветного газа — оксида углерода (IV) CO_2 . Это и есть газ **X**.

5. По рассуждениям из предыдущего пункта можно установить, что *двупреломляющий* шпат представляет собой карбонат. Остаётся установить только металл в его составе. По условию задачи *двупреломляющий* и *плавиковый* шпаты имеют одинаковый катион в своём составе, а о плавиковом известно, что он окрашивает пламя горелки в кирпично-красный цвет. Это качественный признак именно катионов кальция. Таким образом, **A** — CaCO_3 . О *персидском* шпате известно, что при высоких температурах он разлагается на смесь сернистого газа и кислорода, то есть SO_2 и O_2 . Учитывая содержание всех кислотных остатков, которыми мы располагаем в этой задаче, очевидно, что **B** представляет собой сульфат. Катион можно определить расчётным способом о потере массы в ходе разложения. Запишем уравнение реакции разложения сульфата двухвалентного металла (других катионов по условию задачи нет) в общем виде:



где **Me** есть неизвестный металл. Значение потери массы в этой реакции есть масса улетучивающихся газов. Таким образом, можно посчитать массу исходного сульфата:

$$m(2\text{MeSO}_4) = \frac{2m(\text{SO}_2) + m(\text{O}_2)}{0,3433} = \frac{2 \cdot 64 + 32}{0,3433} = 466 \text{ г.}$$

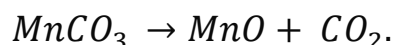
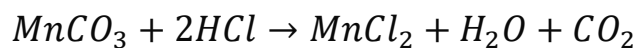
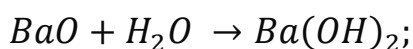
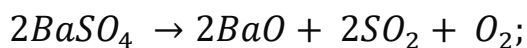
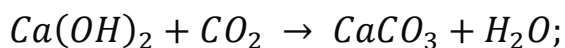
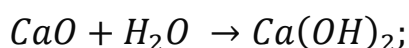
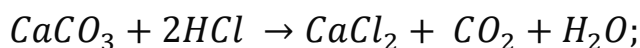
Тогда, $Mr(\text{Me}) = \frac{466}{2} - 32 - 16 \cdot 4 = 137 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Это соответствует именно бария. Таким образом, *персидский* шпат представляет собой в основном **сульфат бария** BaSO_4 (соль **B**).

О плавиком шпате уже известно, что он содержит катион кальция. Анион определяется нетрудно — соль не взаимодействует с соляной кислотой, а значит можно исключить карбонат. Соль так же плавится без разложения, а сульфат кальция разлагался бы. Таким образом, основой плавикового шпата является фторид кальция — CaF_2 (соль **C**).

Растворение образца малинового шпата в соляной кислоте говорит о

том, что соль **D** представляет собой карбонат. Образование раствора с бледно-малиновой окраской является качественным признаком ионов марганца Mn^{2+} . Это хорошо согласуется с условием задачи и далее: разложение карбоната марганца сопровождается выделением углекислого газа и образованием оксида марганца (II) MnO , который легко окисляется на воздухе. Состав шпата также можно было установить и методом исключения — качественный анализ состава солей **A–D** показывал, что среди всех солей присутствуют ионы Mn^{2+} . Так как составы остальных солей уже были однозначно установлены, то остаётся, что соль **D** — $MnCO_3$.

6. Уравнения реакций:



7. Двупреломляющий шпат получил своё название за свойство двойного лучепреломления: один луч света, проходящий через этот кристалл, расщепляется на два. Персидский шпат получил своё название по историческому месту его первообнаружения.

Плавиновый шпат получил такое прилагательное благодаря свойству своей текучести (от греч. «fluere» — «течь»). Он снижает температуру плавления руды при добыче из неё металлов, а сам плавится при очень высоких температурах.

Малиновый шпат есть родохрозит, который получил своё название из-за своей окраски.

Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1. Указание названий 3 кислот – по 1 баллу | 3 балла |
| 2. 9 формул средних солей – по 0,33 балла | 3 балла |
| 3. 9 названий солей – по 0,33 балла | 3 балла |
| 4. Определение газа X | 1 балл |
| 5. Определение формул солей A-D по 1 баллу
Без подтверждения расчетами балл
снижается наполовину | 4 балла |
| 6. 8 уравнений реакций по 0,5 балла | 4 балла |
| 7. Разумные варианты получения названий шпатов –
по 0,5 балла | 2 балла |

ИТОГО 20 баллов

Задача 2. Огонь и три газа

- На фото изображены: 1 – штатив, 2 – держатель (лапка), 3 – пробирка, 4 – спиртовка, 5 – аппарат Киппа.
- При разложении перманганата калия выделяется газ **А** – кислород O_2 . Тлеющая лучинка в атмосфере кислорода вспыхивает и разгорается. При термическом разложении малахита выделяется газ **Б** – углекислый газ CO_2 . В его атмосфере тлеющая лучинка тут же гаснет, поскольку газ не поддерживает горение и вытесняет кислород. При взаимодействии цинка и соляной кислоты в аппарате Киппа выделяется газ **В** – водород H_2 . При поднесении тлеющей лучинки водород быстро сгорает, взаимодействуя с кислородом, при этом раздается характерный «хлопок».
- Уравнения реакций:
$$2KMnO_4 \xrightarrow{t} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$
$$(CuOH)_2CO_3 \xrightarrow{t} 2CuO + CO_2 + H_2O$$
$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$
- Аппарат Киппа используется для безопасного и контролируемого получения водорода, поскольку цинк контактирует с кислотой только до определенного момента, и реакция автоматически останавливается. Принцип действия заключается в том, что кислота из верхней камеры опускается вниз и через нижнюю камеру попадает в среднюю, где лежит цинк. Начинается реакция, и образуется водород, который заполняет среднюю камеру. С течением времени давление водорода растёт, и он вытесняет кислоту из средней камеры обратно в нижнюю, тем самым

прекращая реакцию, пока газ не выпустят через выходную трубку, и давление не снизится.

5. В качестве альтернативных методов получения кислорода можно упомянуть электролиз воды, разложение пероксида водорода под действием катализатора, разложение бертолетовой соли и некоторых нитратов, например нитрата калия.

Углекислый газ можно получить взаимодействием карбонатов с кислотами, а также сжиганием углерода и органических веществ.

Водород можно получить электролизом воды, взаимодействием активных металлов с водой, например натрия, или реакцией гидридов с водой.

Допускаются и прочие разумные варианты.

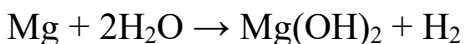
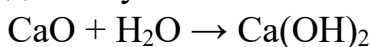
Система оценивания:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Каждый правильно названный элемент по 1 баллу | 5 баллов |
| 2. Указание формул газов с обоснованием – по 1 баллу
Без обоснования – по 0,5 балла | 3 балла |
| 3. Уравнения реакций получения Б, В – по 2 балла.
Уравнение реакции получения А – 3 балла
За неверные коэффициенты, но верные вещества
ставится 1 балл за реакцию | 7 баллов |
| 4. Объяснение, касающееся безопасности и удобства – 1 балл | 2 балла |
| Объяснение принципа действия – 1 балл | 3 балла |
| 5. Каждый разумный метод получения – 1 балл | |

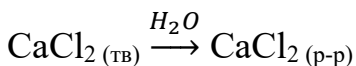
ИТОГО 20 баллов

Задача 3. Жар без огня

1. Оксид кальция – CaO, Магний – Mg, Хлорид кальция – CaCl₂. Первые два вступают во взаимодействие с водой:



В случае нагревателя 3 происходит растворение, сопровождающееся выделением тепла:



2. Найдем количество тепла для каждого из нагревателей:

$$\text{CaO: } \frac{65800}{56} \cdot 100 = 117500 \text{ Дж}$$

$$\text{Mg: } \frac{170000}{24} \cdot 100 = 708333 \text{ Дж}$$

$$\text{CaCl}_2: \frac{81000}{111} \cdot 100 = 72973 \text{ Дж}$$

Для нахождения эффективности поделим теплоту на массу, то есть на 100 грамм. Эффективность каждого нагревателя соответственно:

CaO: 1175 Дж/г

Mg: 7083,33 Дж/г

CaCl₂: 729,73 Дж/г

Самый эффективный – 2-й. Самый неэффективный – 3-й.

3. Рассчитаем количество тепла, необходимое для нагрева воды:

$$\Delta t = 100 - 20 = 80$$

$$Q = 4200 \cdot 1 \cdot 80 = 336000 \text{ Дж}$$

Найдем массы каждого из нагревателей, исходя из их эффективности:

$$m(\text{CaO}) = \frac{336000}{1175} = 286 \text{ г}$$

$$m(\text{Mg}) = \frac{336000}{7083,33} = 47,4 \text{ г}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{336000}{729,73} = 460 \text{ г}$$

4. В результате экзотермической реакции выделяются пары воды (или, как в случае с нагревателем 2, водород). Это приводит к повышению давления, поэтому нельзя полностью герметично закрывать пакет при нагреве.

Система оценивания:

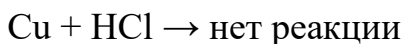
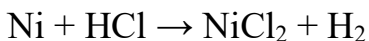
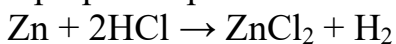
- | | |
|--|-----------------|
| 1. Уравнения двух реакций с водой по 2 балла | 5 баллов |
| Указание на процесс растворения – 1 балл | |
| 2. Расчет теплоты для 100 г нагревателя – по 1 баллу | 7 баллов |
| Расчет удельной эффективности – по 1 баллу | |
| Указание на эффективность двух нагревателей – по 0,5 балла | |
| 3. Расчет необходимой теплоты – 1,5 балла | 6 баллов |
| Нахождение каждой требуемой массы – по 1,5 балла | |
| 4. Любое разумное объяснение | 2 балла |

ИТОГО 20 баллов

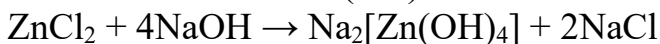
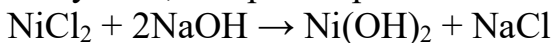
Задача 4. О медно-цинковом сплаве

1. Так как металл **А** – красно-оранжевого цвета, можно предположить, что **А** – медь. Образующиеся зелёные вещества **Б** и **Г** могут содержать в себе Ni, который известен соединениями зелёного цвета. Таким образом, можем сказать, что сплав содержит Cu, Zn и Ni.

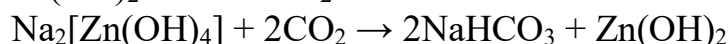
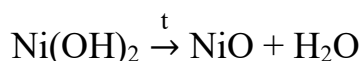
При растворении в HCl:



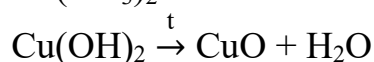
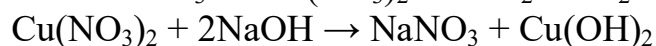
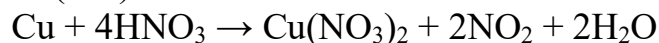
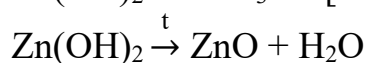
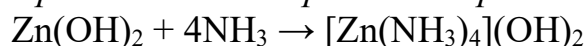
Получаем, что раствор **Б** состоит из солей NiCl₂ и ZnCl₂.



Зелёный осадок **Г** – Ni(OH)₂, раствор вещества **В** – Na₂[Zn(OH)₄].



Принимается и вариант с образованием карбоната натрия.



Вещество	Формула
А	Cu
Б	$\text{NiCl}_2 + \text{ZnCl}_2$
В	$\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]$
Г	Ni(OH)_2
Д	NiO
Е	Zn(OH)_2
Ж	$[\text{Zn(NH}_3)_4](\text{OH})_2$
З	ZnO
И	$\text{Cu(NO}_3)_2$
К	Cu(OH)_2
Л	CuO

2. Найдём количество вещества оксида никеля:

$$n(\text{NiO}) = \frac{0,635}{75} = 0,0085 \text{ моль}$$

Найдём количество вещества никеля, который содержится в сплаве:

$$n(\text{NiO}) = n(\text{Ni(OH)}_2) = n(\text{NiCl}_2) = n(\text{Ni}) = 0,0085 \text{ моль.}$$

Найдём массу никеля в сплаве:

$$m(\text{Ni}) = 0,0085 \cdot 59 = 0,50 \text{ г.}$$

Найдём количество вещества оксида цинка:

$$n(\text{ZnO}) = \frac{3,864}{81} = 0,0477 \text{ моль}$$

Найдём количество вещества цинка, который содержится в сплаве:

$$n(\text{ZnO}) = n(\text{Zn(OH)}_2) = n(\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]) = n(\text{ZnCl}_2) = n(\text{Zn}) = 0,0477 \text{ моль}$$

Найдём массу цинка в сплаве:

$$m(\text{Zn}) = 0,0477 \cdot 65 = 3,1 \text{ г.}$$

Найдём количество вещества оксида меди:

$$n(\text{CuO}) = \frac{8,0}{80} = 0,1 \text{ моль}$$

Найдём количество вещества меди:

$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu(OH)}_2) = n(\text{Cu(NO}_3)_2) = n(\text{Cu}) = 0,1 \text{ моль}$$

Найдём массу меди:

$$m(\text{Cu}) = 0,1 \cdot 64 = 6,4 \text{ г.}$$

Проведем проверку:

$m(\text{Cu}) + m(\text{Ni}) + m(\text{Zn}) = 6,4 + 3,1 + 0,5 = 10 \text{ г}$, что соответствует условиям задачи.

Значит, массовые доли металлов будут равны:

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{6,4}{10} \cdot 100 \% = 64 \%$$

$$\omega(\text{Zn}) = \frac{3,1}{10} \cdot 100 \% = 31 \%$$

$$\omega(\text{Ni}) = \frac{0,5}{10} \cdot 100 \% = 5 \%$$

3. Биметаллические сплавы меди и цинка называются латунями.

Система оценивания:

- | | |
|--|--------------------|
| 1. За каждое определенное вещество и определение раствора Б – 0,5 балла, итого 5,5 баллов
За каждое уравнение реакции – 1 балл, итого 11 баллов
за неверные коэффициенты, но верные вещества балл снижается наполовину | 16,5 баллов |
| 2. Определение массовых долей металлов – по 1 баллу | 3 балла |
| 3. Верное название сплава | 0,5 балла |

ИТОГО 20 баллов

Задача 5. Универсальный реагент

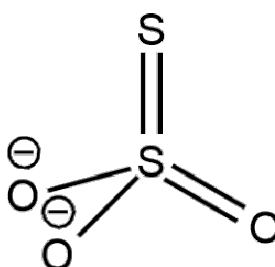
- Примерами солей, образованный элементами Na , S и O могут являться сульфит и сульфат натрия — Na_2SO_3 и Na_2SO_4 соответственно.
- По формуле тиосульфата натрия хорошо видно, что кислотный остаток $\text{S}_2 \text{O}_3^{2-}$ имеет заряд 2–, а степень окисления серебра равна +1. Тогда заряд модуль заряда комплексной частицы равен трём.
- Продукты для каждой реакции представлены в следующей таблице.

Реакция 1	$\text{NaCl}, \text{SO}_2, \text{S}, \text{H}_2\text{O}$
Реакция 2	$\text{KSCN}, \text{Na}_2\text{SO}_3$
Реакция 3	$\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ (не оценивается), NaI
Реакция 4	$\text{Na}_3[\text{Ag} (\text{S}_2 \text{O}_3)_2]$, NaBr

4. Уравнения реакций также представлены в таблице:

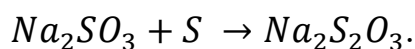
<i>Реакция 1</i>	$Na_2S_2O_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + SO_2 + S + H_2O$
<i>Реакция 2</i>	$KCN + Na_2S_2O_3 \rightarrow KSCN + Na_2SO_3$
<i>Реакция 3</i>	$2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$
<i>Реакция 4</i>	$AgBr + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + NaBr$

5. Тиосульфат-анион имеет аналогичное сульфат-аниону строение, только один из кислородов заменён на атом серы:



Валентность одного из атомов серы при этом равна четырём, а другого атома — двум.

6. Типичным способом получения тиосульфата натрия является реакция кипения соответствующего сульфита с серой:



Принимаются и другие возможные варианты.

Система оценивания:

1. 2 формулы и 2 названия солей по 1 баллу	4 балла
2. Определение n	1 балл
3. Указание 9 продуктов четырех схем реакций по 1 баллу	9 баллов
4. Уравнения 4 реакций по 1 баллу	4 балла
5. Указание строения аниона	1 балл
6. Способ получения тиосульфата	1 балл
ИТОГО	20 баллов