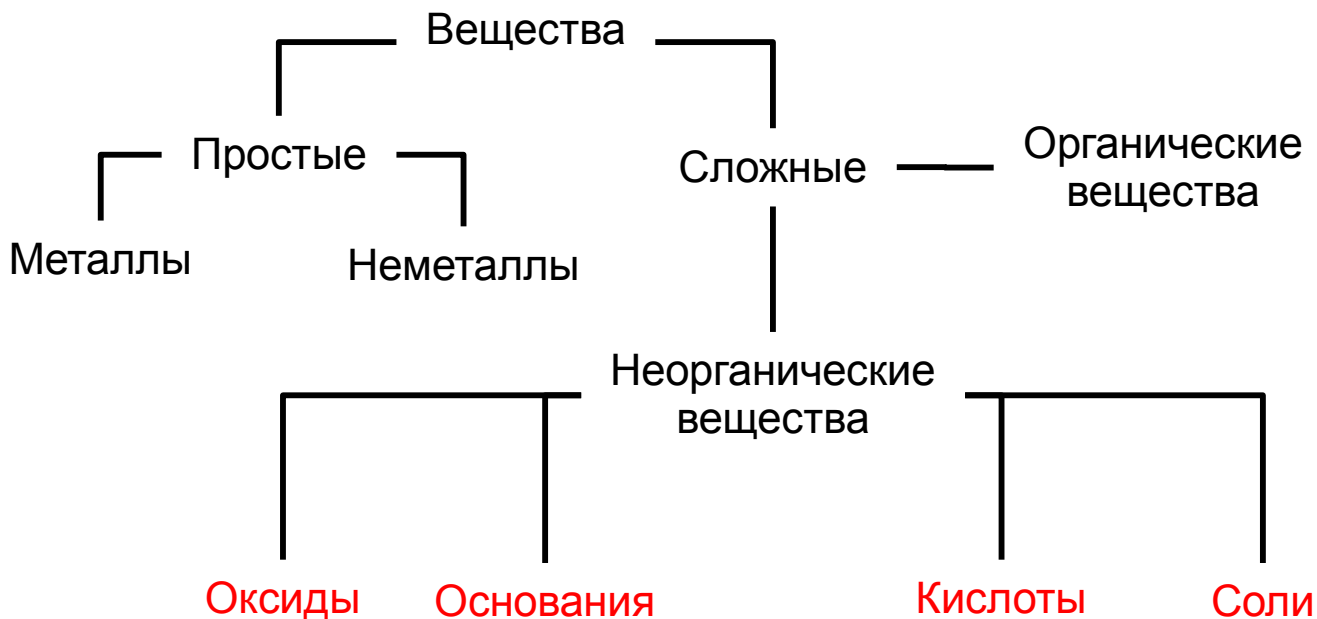


1 Введение

Связь между основными классами веществ



Принципы классификации

- Элементы делятся на металлы и **неметаллы**

						H	He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

- Металлы при образовании соединений легче отдают электроны, а неметаллы – принимают.

- *Критерий деления*: преобладающий *тип ионов*:

– *катионный тип* – элемент является металлом ($\overset{+1}{\text{K}}\overset{-1}{\text{Cl}}$)

– *анионный тип* – элемент является неметаллом ($\overset{+1}{\text{H}_2}\overset{-2}{\text{S}}$)

- *Амфотерность*: сочетание свойств: ($\overset{+3}{\text{Al}}\overset{-1}{\text{Cl}_3}$, $\overset{+1}{\text{Na}}\overset{-1}{\text{AlO}_2}$)

2 Оксиды

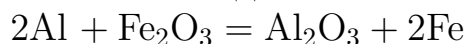
2.1 Общие замечания

- *Бинарные* соединения элементов с кислородом в степени окисления -2
- Название: «элемент» + оксид (степень окисления)
CaO – кальций оксид, SO₃ – сера (VI) оксид
- Классификация оксидов
 - несолеобразующие (CO, N₂O, NO, SiO): не вступают в обменные реакции
 - солеобразующие: вступают в реакции с *веществами противоположной природы*
 - * основные (Na₂O, MgO, CuO) – оксиды металлов с низкой степенью окисления (+1, +2)
 - * кислотные (SO₂, SO₃, P₂O₅, Mn₂O₇, CrO₃) – оксиды неметаллов и металлов с *высокой степенью окисл.*
 - * амфотерные (Cr₂O₃, ZnO, Al₂O₃, SnO₂) – оксиды *некоторых металлов*
- Графические формулы Ca = O, Na – O – Na

2.2 Химические свойства

- Взаимодействие с водой (гидролиз, гидратация)
Na₂O + H₂O = 2NaOH, SO₃ + H₂O = H₂SO₄
- Взаимодействие с *кислотой* или **основанием**
CuO + 2H₂SO₄ = CuSO₄ + H₂O,
SO₂ + 2NaOH = Na₂SO₃ + H₂O
- Взаимодействие с оксидом противоположной природы
Na₂O + CO₂ = Na₂CO₃
- Восстановление: CuO + H₂ \xrightarrow{t} Cu + H₂O
- Получение
 - Взаимодействие с кислородом
2Mg + O₂ = 2MgO, 4NH₃ + 5O₂ = 4NO + 6H₂O
 - Термическое разложение сложных веществ
Ca(OH)₂ \xrightarrow{t} CaO + H₂O

– Вытеснение одного элемента другим (активным)



3 Основания

3.1 Общие замечания

- При диссоциации в воде образуют *только* OH^-
- Название: «элемент» + гидроксид (степень окисления)
 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ – купрум (II) гидроксид
- Способы классификации
 - по *силе* диссоциации в воде:
 - * сильные – легко распадаются на ионы (NaOH)
 - * слабые – плохо распадаются на ионы ($\text{Fe}(\text{OH})_3$)
 - по *устойчивости* к термическому разложению:
 - * устойчивые не разлагаются при нагревании (NaOH)
 - * неустойчивые разлагаются легко (AgOH , $\text{Hg}(\text{OH})_2$)
 - *кислотность* – количество групп OH^- в частице
 - * NaOH – однокислотное основание
 - * $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ – многокислотные основания
 - *щёлочи* – сильные растворимые основания
- Графические формулы $\text{Na} - \text{O} - \text{H}$, $\text{HO} - \text{Ca} - \text{OH}$

3.2 Химические свойства

- Свойства
 - индикаторы: **лакмус**, **фенолфталеин**, **метилоранж**
 - $\text{HCl} + \text{KOH} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ – нейтрализация *кислотой*
 - с амфотерными металлами:
 $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$
 - с солями:
 $2\text{KOH} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4$
 - разложение:
 $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

- Получение
 - активный металл с водой:
 $\text{Ba} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$
 - основной оксид с водой: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$
 - соль + щелочь = *нерастворимое основание* + соль:
 $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$

4 Кислоты

4.1 Общие замечания

- При диссоциации в воде образуют *только* H^+
- Формула: « H_x + кислотный остаток» (HCl , H_2CO_3)
- Способы классификации
 - кислородсодержащие и бескислородные: HClO и HCl
 - сила диссоциации (HNO_3 – сильная, H_2S – слабая)
 - устойчивость (H_2CO_3 , H_2SO_3 , HClO и H_2SO_4)
 - основность (HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4)
 - По содержанию воды:
 - * *орто-* – самая богатая форма (H_3PO_4)
 - * *мета-* – наименее богатая форма (HPO_3)
 - Окисляющие (HNO_3 , $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})}$) и неокисляющие (HCl , $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{р})}$) – по протеканию окислительно-восстановительной реакции (ОВР)
- Номенклатура зависит от типа кислотного остатка
 - HCl (хлоридная), H_2S (сульфидная)
 - HNO_3 (нитратная), HNO_2 (нитратная (III))

4.2 Химические свойства

- Свойства
 - Индикаторы: **лакмус**, **метилоранж**
 - $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ – нейтрализация
 - $2\text{HCl} + \text{CuO} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ – с основными оксидами

- *Сильная* кислота вытесняет *слабую* из её соли:

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$$
- Реакция с металлами
 - * $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ – *неокисляющая* кислота
 - * в *окисляющей* кислоте окисляет кислотный остаток:

$$4\text{HNO}_3 + \text{Pd} = \text{Pd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Разложение при нагревании
 - * $\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t} \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ – нет ОВР
 - * $4\overset{+5}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_3 \xrightarrow{t} 4\overset{+4}{\text{N}}\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \overset{0}{\text{O}}_2$ (ОВР)
- Получение
 - кислотный оксид с водой: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$
 - вытеснение: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl} \xrightarrow{t} \text{HCl}\uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$

5 Соли

5.1 Общие замечания

- Порождают ионы металла (NH_4^+) и кислотного остатка при диссоциации в растворе
- Номенклатура: сначала катион, затем анион
 CuCl_2 – купрум (II) хлорид, KNO_3 – калий нитрат
- Способы классификации
 - средние (NaCl) – только металл и остаток
 - *кислые* (KHSO_3) – есть *ионы водорода*
 - *основные* (FeOHCl_2) – есть ионы OH^- (*гидроксид*)
 - сложные соли
 - * смешанные содержат остатки двух кислот: $\text{CaCl}(\text{ClO})$
 - * двойные содержат два катиона: $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$
 - *комплексные* соли содержат сложные группы атомов: $\text{K}_3[\text{AlF}_6]$

5.2 Химические свойства

- Наиболее важные реакции солей

- соли слабых кислот разлагаются **сильными кислотами**
 $2\text{HCl} + \text{CaCO}_3 = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- две растворимые соли реагируют между собой, *если образуется осадок*:
 $\text{CuCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = 2\text{AgCl} \downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
- *щёлоч* реагируют с солями нерастворимых оснований
 $3\text{KOH} + \text{FeCl}_3 = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{KCl}$
- соли могут вступать в ОВР $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$

Соли: получение

- Соли являются продуктом разнообразных реакций
 - взаимодействие металла и неметалла: $\text{Mg} + \text{S} = \text{MgS}$
 - взаимодействие оксидов противоположной природы
 $\text{SO}_2 + \text{CaO} = \text{CaSO}_3$
 - нейтрализация основания кислотой
 $\text{LiOH} + \text{HCl} = \text{LiCl} + \text{H}_2\text{O}$
 - взаимодействие основного оксида и кислоты
 $2\text{HNO}_3 + \text{CaO} = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - взаимодействие основания и кислотного оксида
 $\text{NaOH} + \text{SO}_3 = \text{NaHSO}_4$
 - действие кислоты на металл:
 $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$
 - вытеснение металла из соли более активным металлом (см. ряд стандартных потенциалов!)
 $\text{Fe} + \text{CuCl}_2 = \text{FeCl}_2 + \text{Cu}$

Связь между классами соединений

Класс соединений	Функция		
	Оснóвная Способность частицы образовывать катионную часть нового соединения	Амфотерная Способность частицы образовывать как катионную, так и анионную часть нового соединения	Кислотная Способность частицы образовывать анионную часть нового соединения
Оксиды	Основные оксиды Оксиды металлов в низких степенях окисления: K_2O , CaO .	Амфотерные оксиды Некоторые металлы и неметаллы: ZnO , Sb_2O_3	Кислотные оксиды Оксиды неметаллов и металлов в высоких степенях окисления: SO_3 , WO_3 .
↓ гидратация / дегидратация ↑			
Гидроксиды	Основания KOH , $Ca(OH)_2$	Амфотерные гидроксиды $Zn(OH)_2$ или H_2ZnO_2 , $Sb(OH)_3$ или H_3SbO_3	Кислоты H_2SO_4 , H_2WO_4
↓ нейтрализация / гидролиз ↑			
Соли	Оснóвные соли Продукты неполной нейтрализации оснований: $CaOHCl$	–	Кислые соли Продукты неполной нейтрализации кислот: $NaHSO_4$

6 Примеры

6.1 Цепочка 1

Реализуйте цепочку превращений:



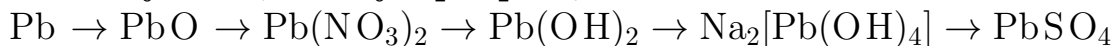
- $2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$
ОВР: $S(-2) \rightarrow S(+4)$.
- $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$
Кислотный оксид при действии воды образует кислоту.
- $H_2SO_3 + MgCO_3 = MgSO_3 + CO_2 \uparrow + H_2O$
Более сильная кислота вытесняет слабую из ее соли.
- $5MgSO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5MgSO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$
ОВР: $Mg\overset{+4}{S}O_3 \rightarrow Mg\overset{+6}{S}O_4$
- $2MgSO_4 + 2NaOH = (MgOH)_2SO_4 + Na_2SO_4$
Основная соль $(MgOH)_2SO_4$ – продукт неполного замещения групп OH

на кислотный остаток.

- Названия соединений из цепочки
 H_2S – водород сульфид (водород сульфид),
 SO_2 – сера (IV) оксид, H_2SO_3 – сульфатная (IV) кислота,
 MgSO_3 – магний сульфат (IV), MgSO_4 – магний сульфат,
 $(\text{MgOH})_2\text{SO}_4$ – гидроксомагний сульфат.

6.2 Цепочка 2

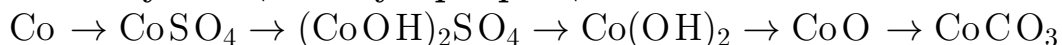
Реализуйте цепочку превращений:



- $2\text{Pb} + \text{O}_2 = 2\text{PbO}$ – синтез из элементов при нагревании.
- $\text{PbO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
Основный оксид взаимодействует с кислотой, образуя соль.
- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
Реакция между солью и щелочью протекает в случае образования нерастворимого основания.
- $\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$
Амфотерное основание может реагировать со щелочью с образованием соли (гидроксокомплекса).
- $\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4] + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{PbSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
Гидроксокомплексы взаимодействуют с кислотами, образуя воду и соли.
- Названия соединений из цепочки
 Pb – плумбум (свинец), PbO – плумбум (II) оксид,
 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ – плумбум нитрат, $\text{Pb}(\text{OH})_2$ – плумбум гидроксид,
 $\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$ – натрий тетрагидроксоплумбат,
 PbSO_4 – плумбум (II) сульфат.

6.3 Цепочка 3

Реализуйте цепочку превращений:



- $\text{Co} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CoSO}_4 + \text{H}_2$
Активные металлы способны вытеснять водород из кислот.
- $2\text{CoSO}_4 + 2\text{NaOH} = (\text{CoOH})_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
Основная соль $(\text{CoOH})_2\text{SO}_4$ – продукт неполного замещения групп OH на кислотный остаток.

- $(\text{CoOH})_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Co}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
Реакция между солью и щелочью протекает в случае образования нерастворимого основания.
- $\text{Co}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \text{CoO} + \text{H}_2\text{O}$
Термическое разложение оснований: образуется оксид и вода.
- $\text{CoO} + \text{CO}_2 = \text{CoCO}_3$
Основный и кислотный оксиды реагируют с образованием соли.
- Названия соединений из цепочки
Co – кобальт, CoSO_4 – кобальт (II) сульфат,
 $(\text{CoOH})_2\text{SO}_4$ – гидроксокобальт (II) сульфат,
 $\text{Co}(\text{OH})_2$ – кобальт (II) гидроксид, CoO – кобальт (II) оксид, CoCO_3 – кобальт (II) карбонат.

6.4 Цепочка 4

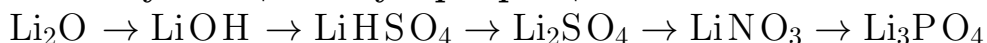
Реализуйте цепочку превращений:



- $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HCl}$
Бинарные соединения получают взаимодействием простых веществ.
- $2\text{HCl} + \text{Fe} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$
Активные металлы способны вытеснять водород из кислот.
- $\text{FeCl}_2 + \text{NaOH} = \text{FeOHCl} + \text{NaCl}$
При соотношении $n(\text{FeCl}_2) : n(\text{NaOH}) = 1 : 1$ образуется основная соль, а не осадок гидроксида $\text{Fe}(\text{OH})_2$.
- $\text{FeOHCl} + \text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + \text{NaCl}$
Щелочь вытесняет нерастворимое основание из соли.
- $\text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$
Термическое разложение оснований: образуется оксид и вода.
- Названия соединений из цепочки
 Cl_2 – дихлор, HCl – водород хлорид или хлороводород,
 FeCl_2 – ферум (II) хлорид,
 FeOHCl – гидроксоферум (II) хлорид,
 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ – ферум (II) гидроксид, FeO – ферум (II) оксид.

6.5 Цепочка 5

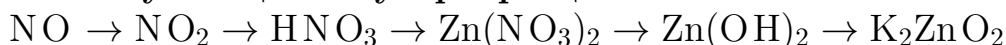
Реализуйте цепочку превращений:



- $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{LiOH}$
Основные оксиды с водой образуют основания.
- $\text{LiOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{LiHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Кислая соль – продукт неполной нейтрализации кислоты.
- $\text{LiHSO}_4 + \text{LiOH} = \text{Li}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Средняя соль из кислой получается добавлением основания.
- $\text{Li}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{LiNO}_3$
Обменная реакция между солями протекает в случае образования осадка.
- $3\text{LiNO}_3 + \text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Li}_3\text{PO}_4\downarrow + 3\text{NaNO}_3$
Соли лития отличаются от аналогичных солей других щелочных металлов пониженной растворимостью.
- Названия соединений из цепочки
 Li_2O – литий оксид, LiOH – литий гидроксид,
 LiHSO_4 – литий гидросульфат, Li_2SO_4 – литий сульфат,
 LiNO_3 – литий нитрат, Li_3PO_4 – литий фосфат.

6.6 Цепочка 6

Реализуйте цепочку превращений:



- $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$
Оксид NO легко окисляется кислородом до NO_2 .
- $4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{HNO}_3$
 NO_2 – несолеобразующий оксид. Взаимодействие с водой может протекать в присутствии *окислителя*.
- $2\text{HNO}_3 + \text{ZnO} = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
Соль получают нейтрализацией кислоты оксидом.
- $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$
Реакция между солью и щелочью протекает в случае образования нерастворимого основания.

- $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{K}_2\text{O} \xrightarrow{t} \text{K}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Амфотерное основание можно *сплавить* с основным оксидом. В растворе реакция протекает с образованием $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$
- Названия соединений из цепочки
 NO – азот (II) оксид, NO_2 – азот (IV) оксид,
 HNO_3 – нитратная кислота, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ – цинк нитрат,
 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ – цинк гидроксид, K_2ZnO_2 – калий цинкат.

6.7 Задача 7

Даны четыре твердых вещества в пробирках без надписей: CaCO_3 , Na_2SO_4 , KCl и NaNO_3 . При помощи каких реагентов можно их различить, используя минимальное число реакций? Напишите соответствующие уравнения.

- Первым можно определить CaCO_3 : при добавлении воды в каждую пробирку только CaCO_3 не перейдет в раствор и останется в осадке.
- Далее можно найти Na_2SO_4 путем добавления раствора BaCl_2 :
 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaCl}$
- В оставшиеся 2 пробирки можно добавить раствор AgNO_3 :
 $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{KNO}_3$, $\text{NaNO}_3 + \text{AgNO}_3 \nrightarrow$
- В последней пробирке находится NaNO_3