

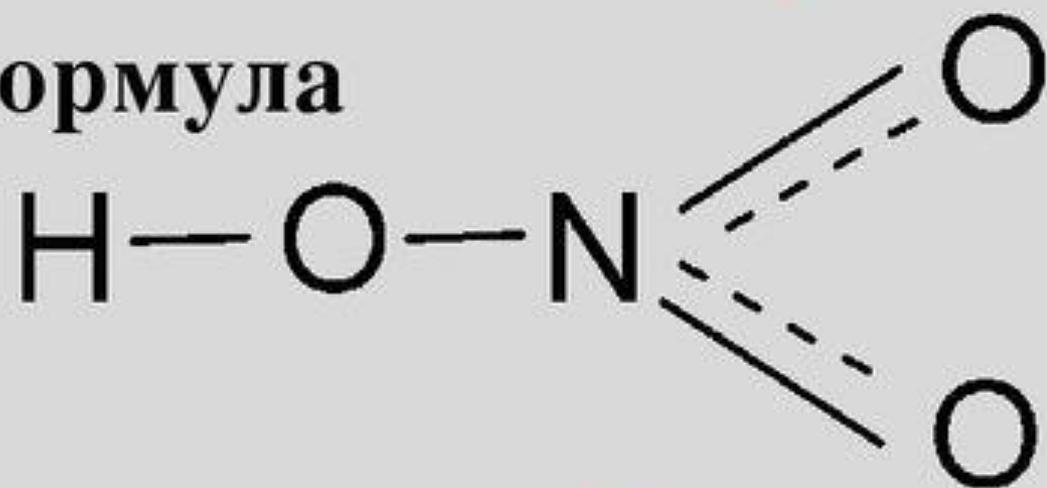
# Азотная кислота

# Строение молекулы азотной кислоты

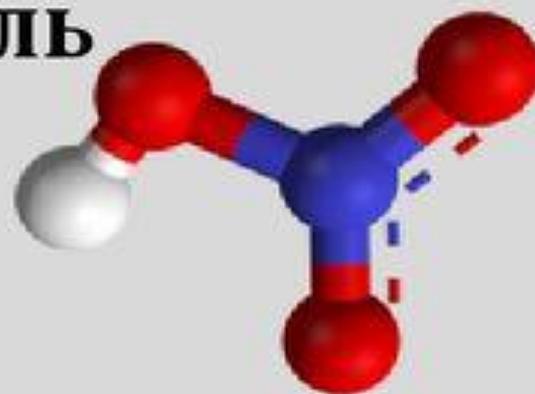
## КИСЛОТЫ

- Молекулярная формула  $\text{HNO}_3$

- Структурная формула



- Масштабная модель



# Физические и химические свойства

Азотная кислота – бесцветная гигроскопичная жидкость, с резким запахом, «дымит» на воздухе, неограниченно растворимая в воде.  $t_{\text{кип.}} = 83^{\circ}\text{C}$ .. При хранении на свету разлагается на оксид азота (IV), кислород и воду, приобретая желтоватый цвет:



Азотная кислота ядовита.

# Взаимодействие азотной кислоты с металлами

Независимо от концентрации окислителем в азотной кислоте являются нитрат-ионы  $\text{NO}_3$ , содержащие азот в степени окисления +5. Поэтому при взаимодействии металлов с азотной кислотой **водород не выделяется**.

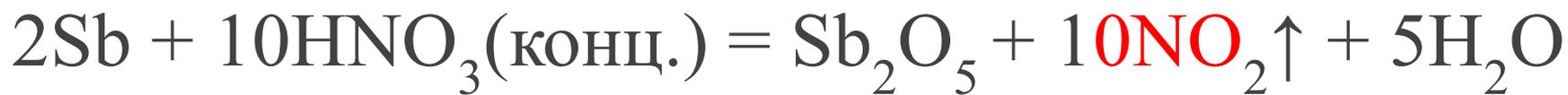
Азотная кислота окисляет все металлы за исключением самых неактивных (благородных). При этом образуются соль, вода и продукты восстановления азота (+5):  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ . Свободный аммиак не выделяется, так как он взаимодействует с азотной кислотой, образуя нитрат аммония:



При взаимодействии металлов с концентрированной азотной кислотой (30–60 %  $\text{HNO}_3$ ) продуктом восстановления  $\text{HNO}_3$  является преимущественно оксид азота (IV), независимо от природы металла, например:



Металлы переменной валентности при взаимодействии с концентрированной азотной кислотой окисляются до высшей степени окисления. При этом те металлы, которые окисляются до степени окисления +4 и выше, образуют кислоты или оксиды. Например:



- В концентрированной азотной кислоте (холодной) **пассивируются** алюминий, хром, железо, никель, кобальт, титан и некоторые другие металлы. После обработки азотной кислотой эти металлы не взаимодействуют и с другими кислотами.

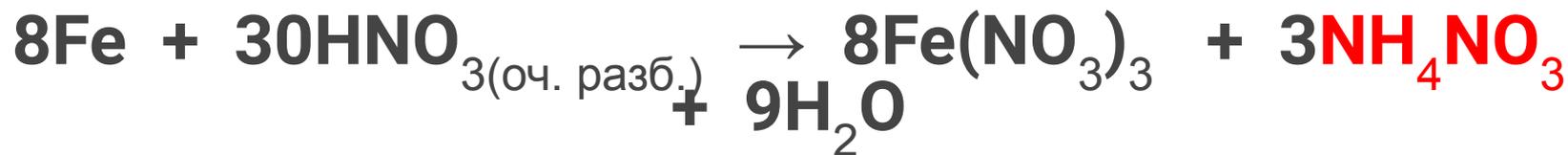
**2.4.** Железо не реагирует при обычных условиях с **концентрированной азотной кислотой** также из-за пассивации. При нагревании реакция идет с образованием нитрата железа (III), оксида азота (IV) и воды:



С **разбавленной азотной кислотой** железо реагирует с образованием оксида азота (II):



При взаимодействии железа с **очень разбавленной азотной кислотой** образуется нитрат аммония:

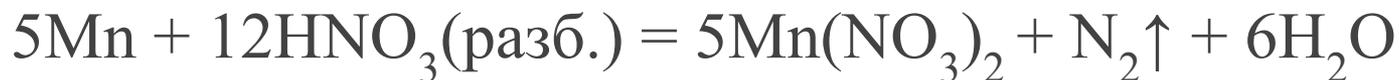


При взаимодействии металлов с разбавленной азотной кислотой продукт её восстановления зависит от восстановительных свойств металла: чем активнее металл, тем в большей степени восстанавливается азотная кислота.

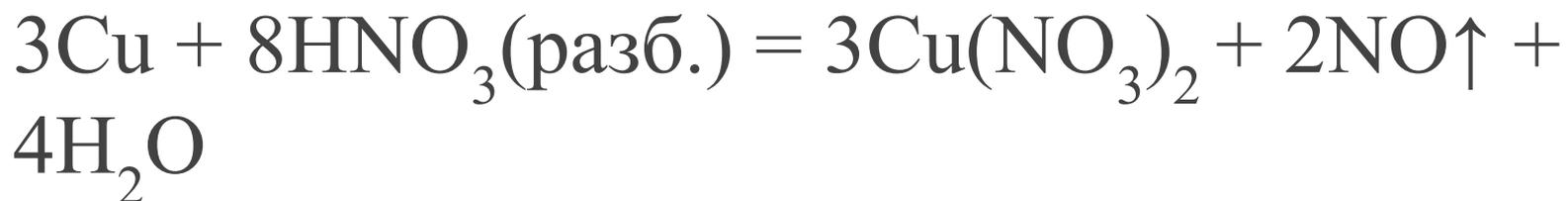
Активные металлы восстанавливают разбавленную азотную кислоту максимально, т.е. образуются соль, вода и  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , например:



Металлы средней активности при взаимодействии с разбавленной азотной кислотой образуют соль, воду и азот или  $\text{N}_2\text{O}$ . Чем левее металл в этом интервале (чем ближе к алюминию), тем вероятнее образование азота, например:



Малоактивные металлы при взаимодействии с разбавленной азотной кислотой образуют соль, воду и оксид азота (II), например:



Чем выше активность металла и ниже концентрация кислоты, тем ниже степень окисления азота в том продукте.

**Таблица. Основные продукты восстановления азотной кислоты металлами**

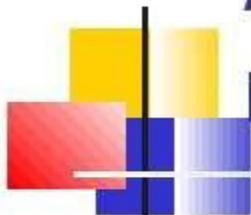
Металлы	Li, Cs, Rb, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al*	Mn*, Zn, Cr*, Fe*, Cd, Co*, Ni*, Sn, Pb*	Bi*, Cu, Ru, Hg, Ag, Rh, Pd	Ir, Pt, Au.
Концентрация кислоты w(HNO <sub>3</sub> ), % (мас.)	Активные	Средней активности	Малоактивные	Благородные
больше 80 % (очень конц. р-ры)	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	—
45% – 75 % (конц. р-ры)	N <sub>2</sub> O	NO	NO <sub>2</sub>	—
10 % – 40 % (разбавленные р-ры)	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NO	—
меньше 5 % (очень разбавленные р-ры)	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>	—	—

\* Металлы, которые пассивируются в концентрированных растворах азотной кислоты при комнатной температуре.

## Азотная кислота с металлами.

— не выделяется водород, образуются продукты восстановления азота.

Чем активнее металл и чем меньше концентрация кислоты, тем дальше восстанавливается азот				
$\text{NO}_2$	$\text{NO}$	$\text{N}_2\text{O}$	$\text{N}_2$	$\text{NH}_4\text{NO}_3$
Неактивные металлы (правее железа) + конц. кислота Неметаллы + конц. кислота	Неактивные металлы (правее железа) + разб. кислота	Активные металлы (щелочные, щелочноземельные, цинк) + конц. кислота	Активные металлы (щелочные, щелочноземельные, цинк) + кислота среднего разбавления	Активные металлы (щелочные, щелочноземельные, цинк) + очень разб. кислота
<b>Пассивация:</b> с холодной концентрированной азотной кислотой не реагируют: <b>Al, Cr, Fe, Be, Co.</b>				
Не реагируют с азотной кислотой ни при какой концентрации: <b>Au, Pt, Pd.</b>				



# Азотная кислота в окислительно-восстановительных реакциях

---

## Продукты восстановления азота:

- Концентрированная  $\text{HNO}_3$ :  $\text{N}^{+5} + 1\text{e} \rightarrow \text{N}^{+4} (\text{NO}_2)$   
(Ni, Cu, Ag, Hg; C, S, P, As, Se); пассивирует Fe, Al, Cr
- Разбавленная  $\text{HNO}_3$ :  $\text{N}^{+5} + 3\text{e} \rightarrow \text{N}^{+2} (\text{NO})$   
(Металлы в ЭХРМ Al ...Cu; неметаллы S, P, As, Se)
- Разбавленная  $\text{HNO}_3$ :  $\text{N}^{+5} + 4\text{e} \rightarrow \text{N}^{+1} (\text{N}_2\text{O})$  Ca, Mg, Zn
- Разбавленная  $\text{HNO}_3$ :  $\text{N}^{+5} + 5\text{e} \rightarrow \text{N}^0 (\text{N}_2)$
- Очень разбавленная:  $\text{N}^{+5} + 8\text{e} \rightarrow \text{N}^{-3} (\text{NH}_4\text{NO}_3)$   
(активные металлы в ЭХРМ до Al)

# Взаимодействие с органическими веществами

## Ксантопротеиновая реакция:

Азотная кислота окрашивает белки в оранжево-желтый цвет (при попадании на кожу рук – «ксантопротеиновая реакция»).

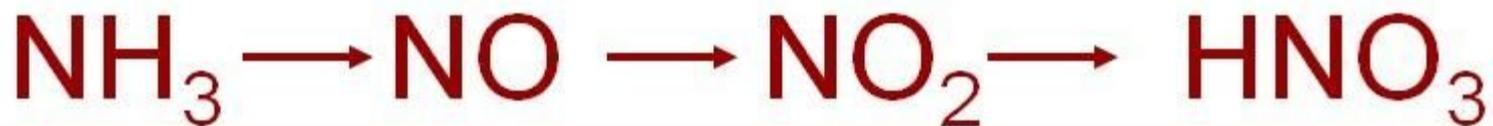
Реакцию проводят для обнаружения белков, содержащих в своем составе ароматические аминокислоты. К раствору белка прибавляют концентрированную азотную кислоту. Белок свертывается. При нагревании белок желтеет. При добавлении избытка аммиака (в щелочной среде) окраска переходит в оранжевую. Появление окрашивания свидетельствует о наличии ароматических аминокислот в составе белка.



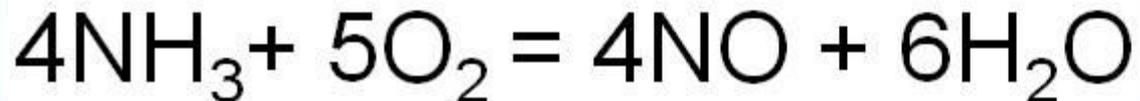
Himege.ru

ксантопротеиновая реакция

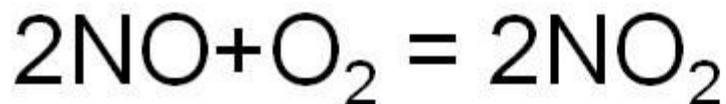
# Получение азотной кислоты в промышленности



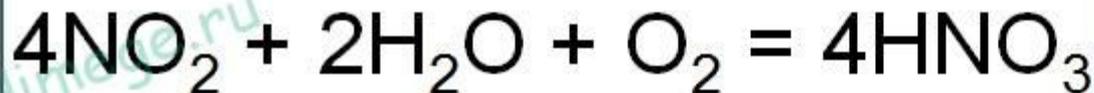
1. Контактное окисление аммиака до оксида азота (II) с Pt кат:



2. Окисление оксида азота (II) в оксид азота (IV):



3. Адсорбция (поглощение) оксида азота (IV) водой при избытке кислорода:



## Получение

Лабораторный способ

