



# Химия элементов VA группы

Здесь нет металлического фосфора. Есть «желтый» - смесь красного и белого!

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева (длинная форма)

Химия азота богата на количество соединений

Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Группы	IA	IIA	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A	IX A	X A	XI A	XII A	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	IXA
1	(1H)		4																He
2	3Li	4Be	5B	6C	7N	8O	9F	10Ne											
3	11Na	12Mg	13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar											
4	19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr	
5	37Rb	38Sr	39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd	47Ag	48Cd	49In	50Sn	51Sb	52Te	53I	54Xe	
6	55Cs	56Ba	57La*	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu		
7	87Fr	88Ra	89Ac**	90Th	91Pa	92U	93Np	94Pu	95Am	96Cm	97Bk	98Cf	99Es	100Fm	101Md	102No	103Lr		
	s <sup>1</sup>	s <sup>2</sup>	d <sup>1</sup>													p <sup>4</sup>	p <sup>5</sup>	p <sup>6</sup>	
	s																		



ns <sup>2</sup>	np <sup>3</sup>	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu
-----------------	-----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**Металлический фосфор**

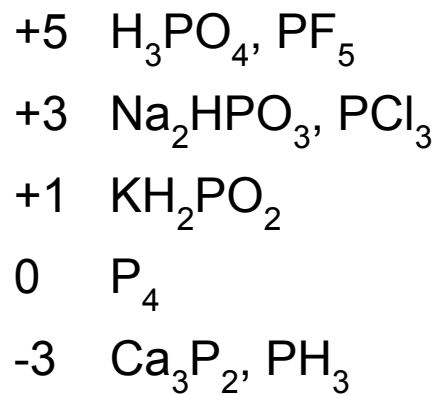
\*\* Актиноиды

При 8,3 · 10<sup>10</sup> Па чёрный фосфор переходит в новую, ещё более плотную и инертную металлическую фазу с плотностью 3,56 г/см<sup>3</sup>, а при дальнейшем повышении давления до 1,25 · 10<sup>11</sup> Па — ещё более уплотняется и приобретает кубическую кристаллическую решётку, при этом его плотность возрастает до 3,83 г/см<sup>3</sup>. Металлический фосфор очень хорошо проводит электрический ток.

## Простые вещества, и основные степени окисления

15
VA
${}^7\text{N}$
${}^{15}\text{P}$
${}^{33}\text{As}$
${}^{51}\text{Sb}$
${}^{83}\text{Bi}$
$\text{p}^3$

$ns^2np^3$



# Простые вещества, и основные степени окисления

As<sub>n</sub>, Sb<sub>n</sub> - полимеры.  
 As – мышьяк, arsenicum

15
VA
7N
15P
33As
51Sb
83Bi
p <sup>3</sup>

Соли – арсениды, арсениты, арсенаты.

+5 H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub>, SbCl<sub>5</sub>  
 (лат), ант

+3 AsCl<sub>3</sub>  
 As<sub>n</sub>      ги, стиб

-3 Na<sub>3</sub>Sb, AsH<sub>3</sub>



Неправильно – анти



ns<sup>2</sup>np<sup>3</sup>

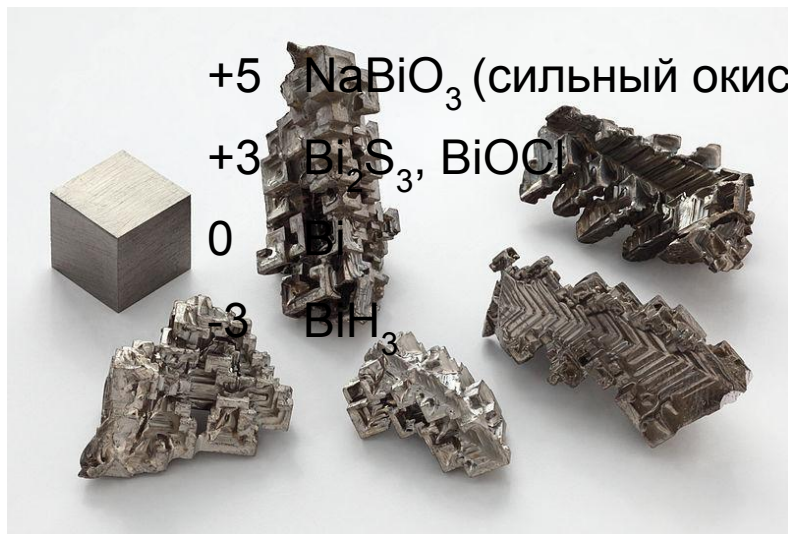
# Простые вещества, и основные степени окисления

15
VA
7N
15P
33As
51Sb
83Bi
P <sup>3</sup>



Bi – висмут, bismuthum.

Самый «тяжелый» нерadioактивный металл.



где)

# Распространение на Земле

	N	P	As	Sb	Bi
Место	18	13	51	59	60
Где Содержится	Воздух, биосфера, Биоминералы (капролиты).	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - фосфорит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$ (X=F,OH) – аппатит	$\text{As}_2\text{S}_3$ аурипигментит FeAsS арсенопирит	$\text{Sb}_2\text{S}_3$ антимонит	$\text{Bi}_2\text{S}_3$ висмутин $\text{Bi}_2\text{O}_3$ бисмутит
Открыт	1772 Кавендиш  Азот – Безжизненный (греч) Лаувазье	1669 Бранд  Свет несущий	С античных Времен  1. Мышь 2. Мужской	С античных времен  Мазь	XV век  Белая масса
ЭО	3,1	2,1	2,2	1,8	1,7

# Азот получение

Фракционная пере

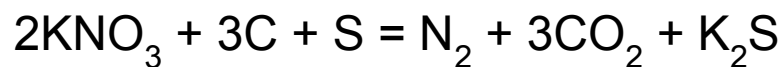
*Применение*

# N<sub>2</sub>

- Жидкий азот в медицине
- Синтез аммиака
- Производство удобрений
- Синтез азотной кислоты
- Создание инертной среды

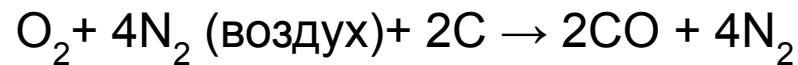
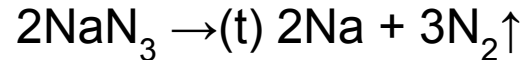
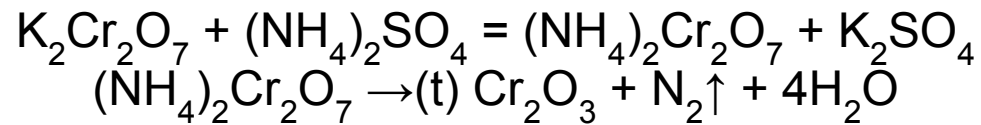
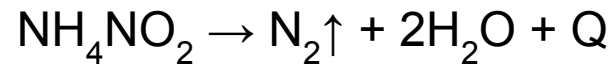


Черный порох:

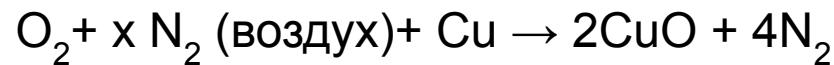


# Азот получение

## Лабораторное



Очистка:



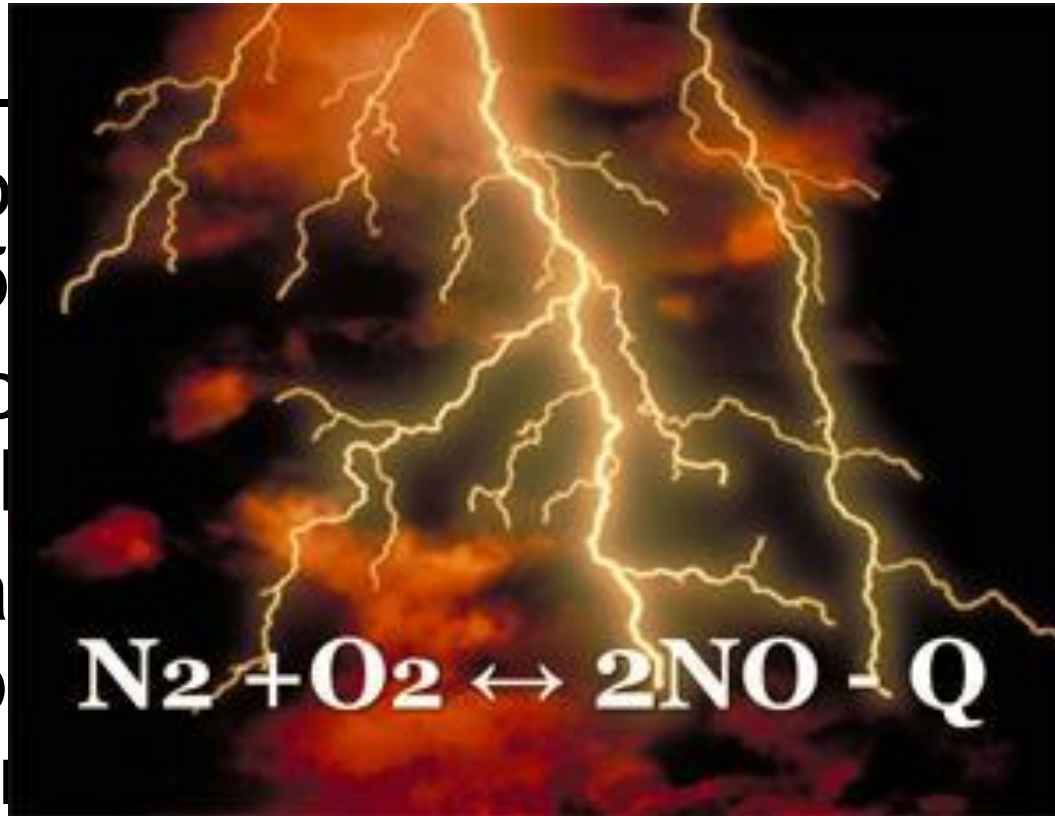


# Свойства

- Азот 3-валентен, прочно связан, способ

- При комбинировании с металлами:  $3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$

- Восстановление. Реагирует с фтором, электрическим разрядом



из-за  
льные

ько:  
N  
3

ом при  
N<sub>2</sub> +

# Свойства

- Бинарные соединения – нитриды.
- Делятся на ионные и ковалентные.

Примеры:

TiN

(ковалентный, куб. алмазоподоб.)



AlN

(ионный, но бывает и вторая модификация - ковалентный)

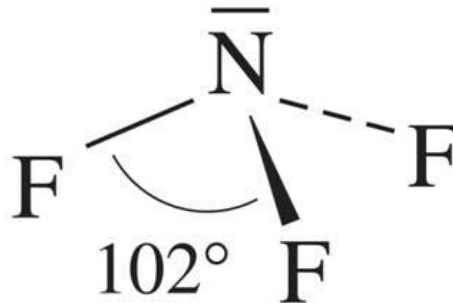


$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NH}_3$

# Свойства

## Галогениды N

$\text{NF}_3$  – УСТОЙЧИВ,  $\Delta_f G^0 < 0!!!$



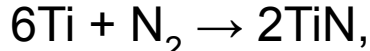
$\text{NCl}_3$  – взрывчатая, летучая жидкость

$\text{NBr}_3$  – очень неустойчив

$\text{NJ}_3 \cdot \text{NH}_3$  – ЧРЕЗВЫЧАЙНО ВЗРЫВООПАСЕН

# Свойства

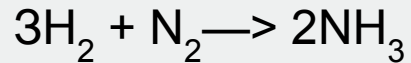
При нагревании:



Сложный в исполнении, но дешевый



$\text{C}_2 + \text{N}_2 \rightarrow \text{CaCN}_2 + \text{C}$ . (используется в про

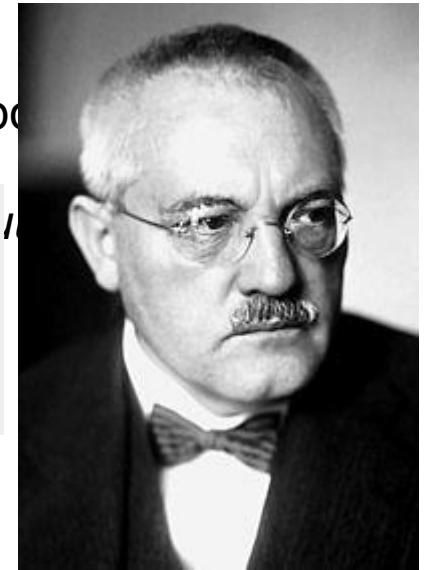


Катализатор = Pt, Fe

Температура около 400° С и давление  
300—400 атмосфер



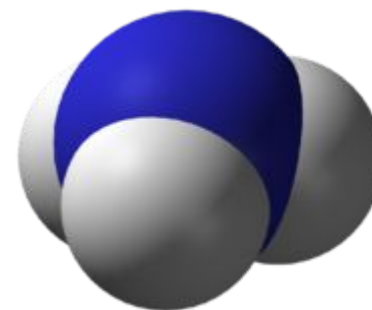
**Фриц Габер**



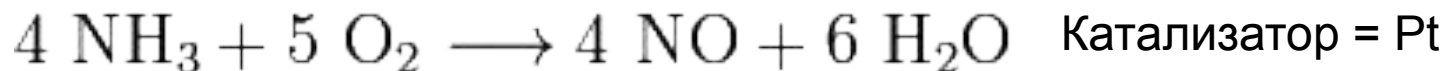
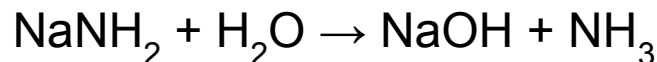
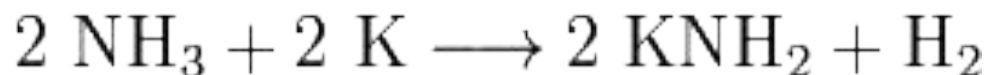
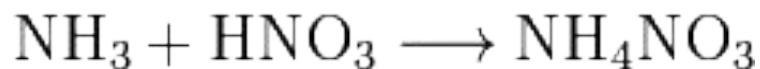
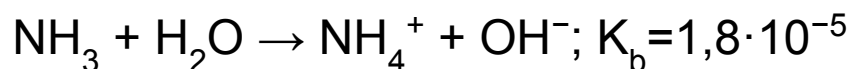
**Карл Бош**

1913 год

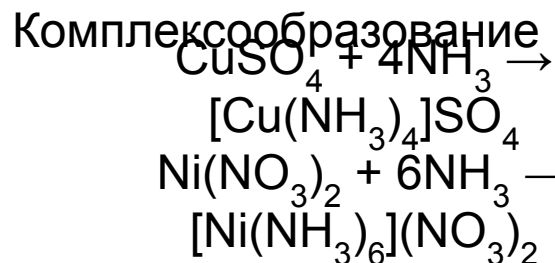
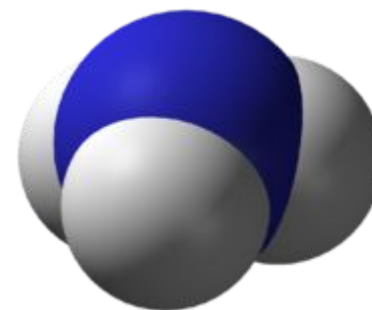
# Аммиак



**Аммиа́к** —  $\text{NH}_3$ , нитрид водорода, при нормальных условиях — бесцветный газ с резким характерным запахом (запах нашатырного спирта), почти вдвое легче воздуха.

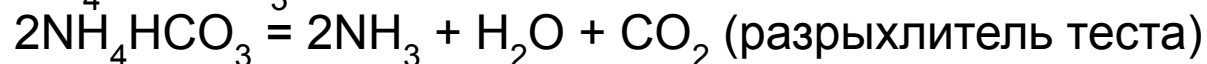


# Аммиак

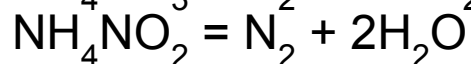
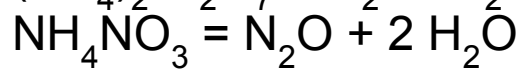
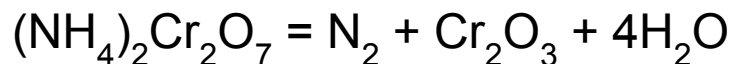


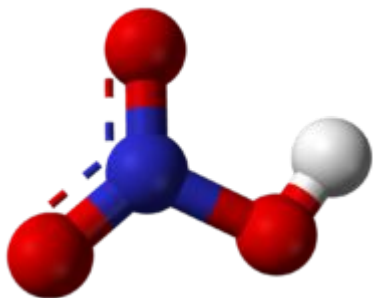
Соли аммония – б.ц., хорошо раств., термически нестойкие.

Кисл-основн.:

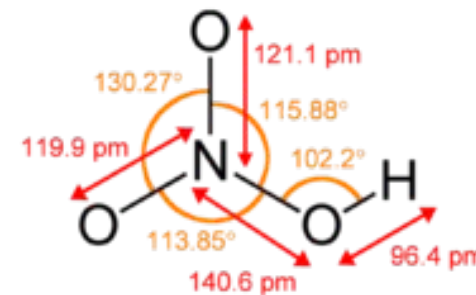


ОВР:



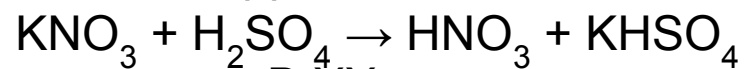


# Азотная кислота

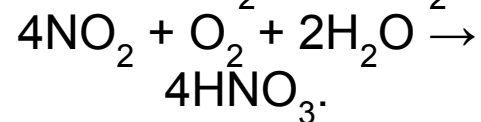
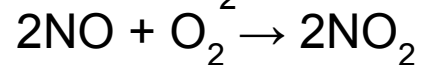
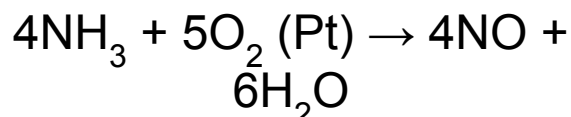


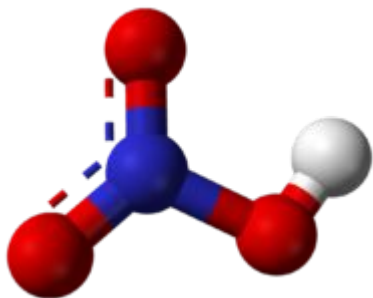
Производство:

До XX века:

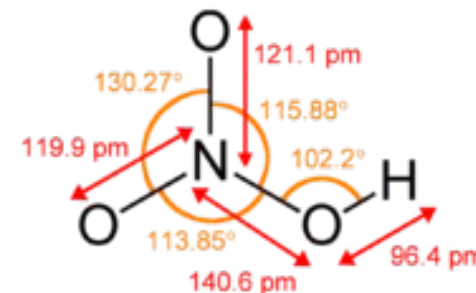


В XX веке и до... :



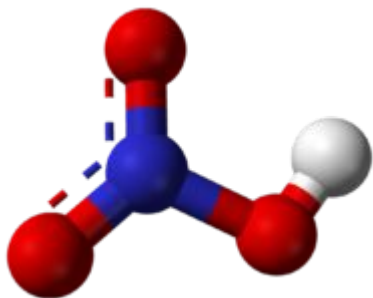


# Азотная кислота

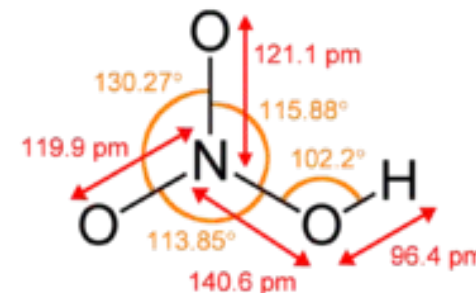


- **Применение**
- в производстве минеральных удобрений;
- в производстве красителей и лекарств (нитроглицерин)
- в военной промышленности (дымящая — в производстве взрывчатых веществ, как окислитель ракетного топлива, разбавленная — в синтезе различных веществ, в том числе отравляющих);
- в ювелирном деле — основной способ определения золота в золотом сплаве;



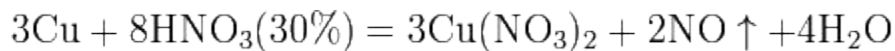
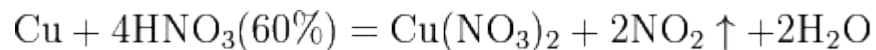
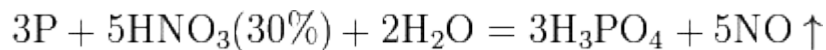
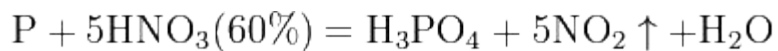
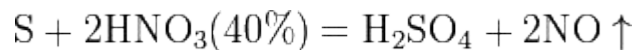
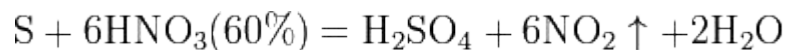


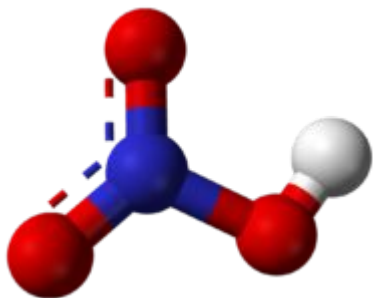
# Азотная кислота



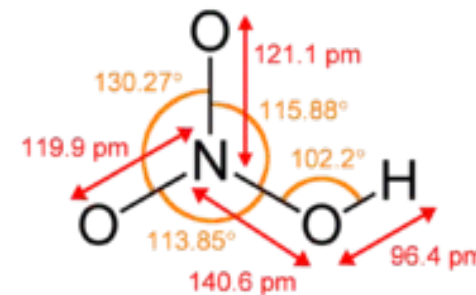
Различные азотсодержащие продукты при взаимодействии азотной кислоты с различными веществами:

увеличение концентрации кислоты  $\Leftarrow$   $\text{NO}_2, \text{NO}, \text{N}_2\text{O}, \text{N}_2, \text{NH}_4\text{NO}_3 \Rightarrow$  увеличение активности металла



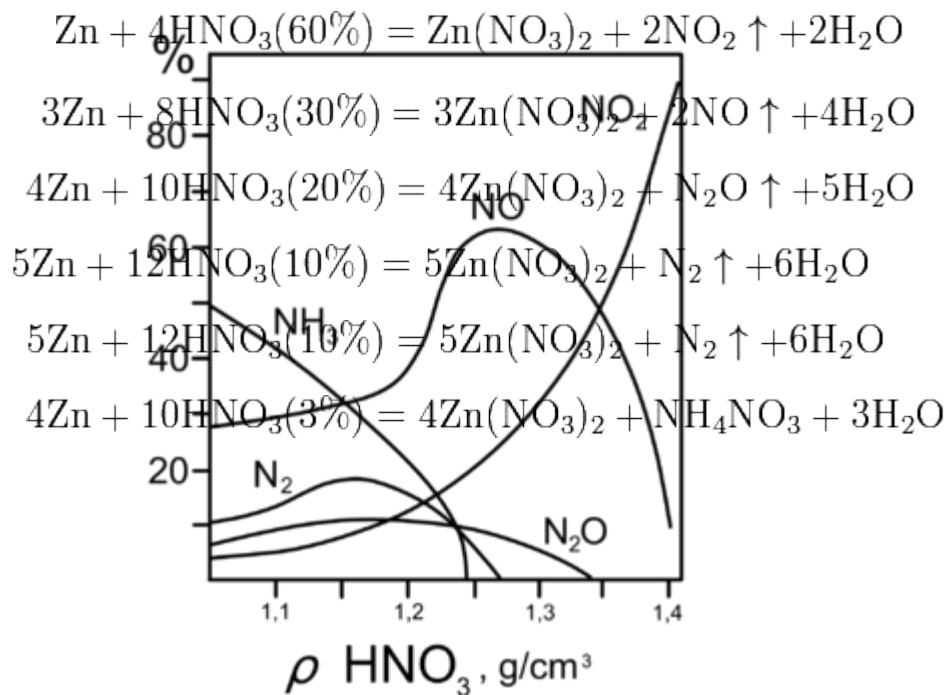


# Азотная кислота



Различные азотсодержащие продукты при взаимодействии азотной кислоты с различными веществами:

увеличение концентрации кислоты  $\Leftarrow$   $\text{NO}_2, \text{NO}, \text{N}_2\text{O}, \text{N}_2, \text{NH}_4\text{NO}_3 \Rightarrow$  увеличение активности металла



# Оксида азота

- $N_2$
- $NO$
- $N_2O$
- $NO_2$
- $N_2O_4$
- $O_4$

**Кислородные соединения N**  
 (все оксиды азота эндотермичны!!!)

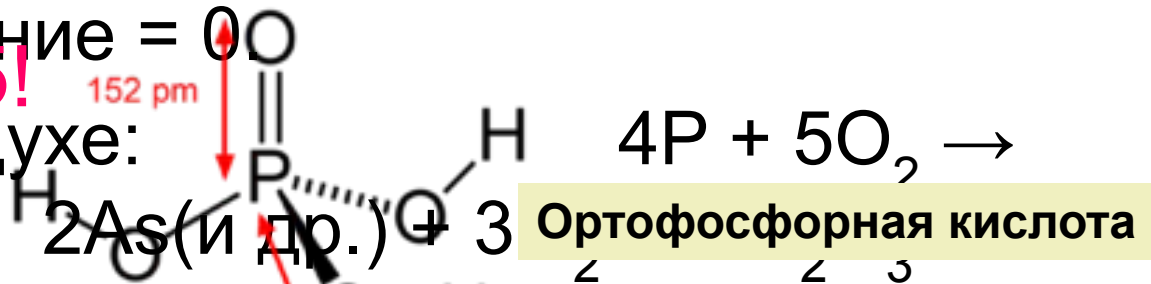
	+1	+2	+3	+4	+5
Оксид	$N_2O$	$NO$	$N_2O_3$	$NO_2$ $N_2O_4$	$N_2O_5$
К-та	нет	нет	$HNO_2$	нет	$HNO_3$
Соли	нет	нет	$NaNO_2$	нет	$NaNO_3$

# Хим. свойства P, As, Sb, Bi

- Степень окисления ( $-3$ ).  $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{SbH}_3$ ,  $\text{BiH}_3$ .
- $3\text{Mg} + 2\text{P} \rightarrow \text{Mg}_3\text{P}_2$   
 $\downarrow + \text{H}_2\text{O}$   $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{PH}_3$   
(устойчив к темп)
- $2\text{AsH}_3 \xrightarrow{(t)} 2\text{As} + 3\text{H}_2$
- В отличии от  $\text{NH}_3$  не проявляет  
кисл.-основ. свойств (размеры)

# ХИМ. СВОЙСТВА P, As, Sb, Bi

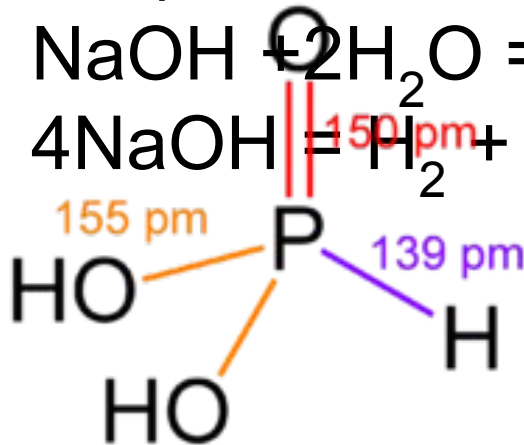
- Степень окисления = 0
- Валентность = 5!
- Горение на воздухе:
 
$$P_4O_{10} \quad 2As(\text{и др.}) + 3 \text{ Ортофосфорная кислота} \quad 4P + 5O_2 \rightarrow$$



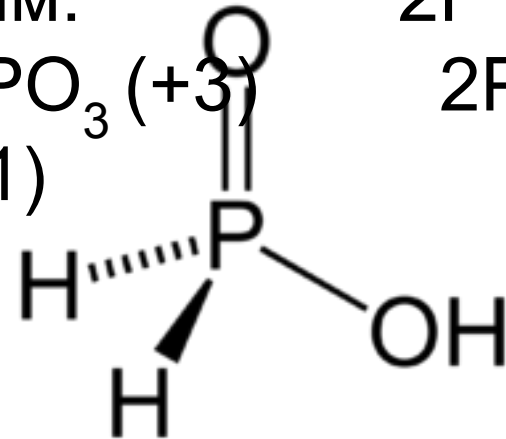
- С кислотами-не окислителями не реагируют

- С щелочами P по двум путям:
 
$$2P + NaOH + 2H_2O = PH_3 + NaH_2PO_3 (+3) \quad 2P +$$

$$4NaOH = H_2 + 2Na_2HPO_2 (+1) \quad 2P +$$



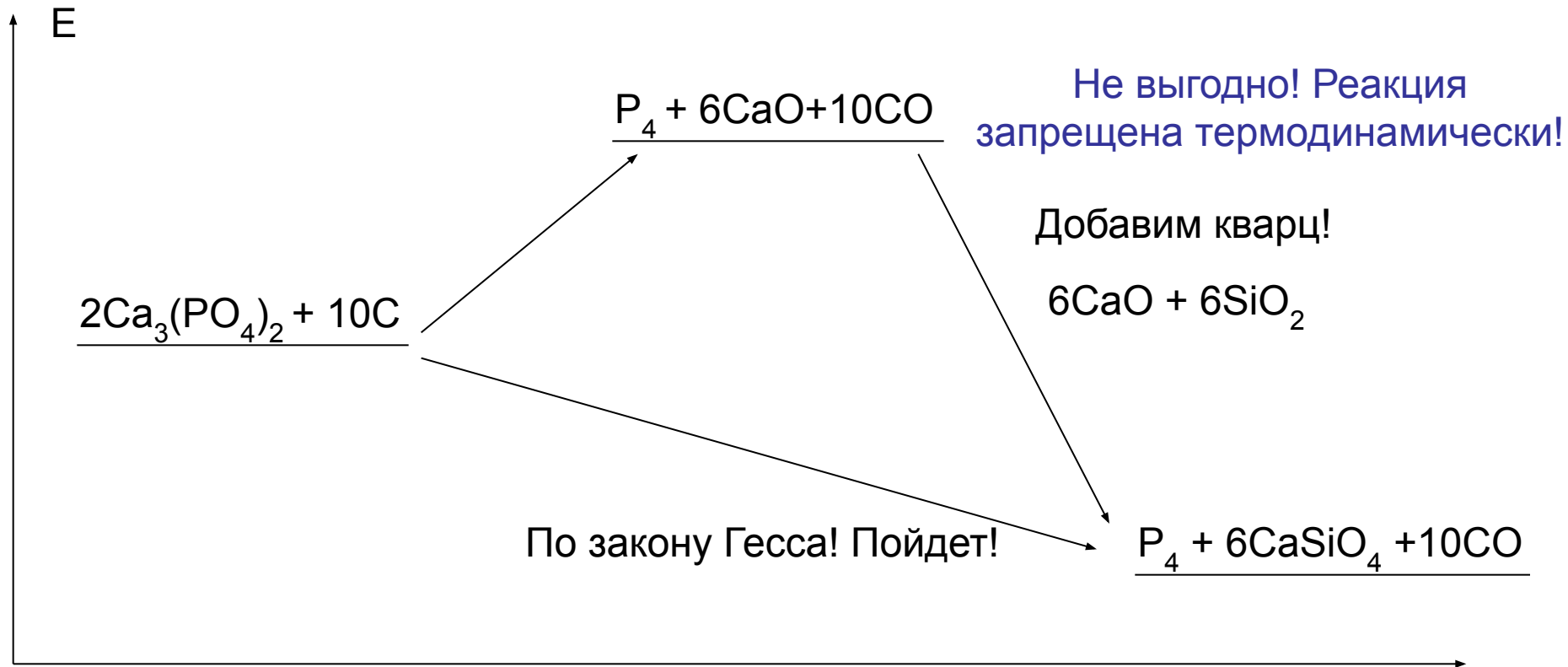
Фосфористая кислота



Фосфорноватистая кислота

# Получение

- $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{SiO}_2 + 10\text{C} = \text{P}_4 + 6\text{CaSiO}_4 + 10\text{CO} (>1200\text{ }^\circ\text{C})$
- $2\text{Э}_2\text{S}_3 + 9\text{O}_2 = 2\text{Э}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2$  ( $\text{Э}=\text{As, Sb, Bi}$ )  $\text{Э}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Э} + 3\text{CO}$



# Хим. свойства P, As, Sb, Bi

- Степень окисления +3.
- $P_4O_6 + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_3$  слаб. (или  $HPO_3$ )
- $As_2O_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_3$  слаб. (или  $HAsO_2$ )
- $As_2O_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_3$  слаб. (или  $HAsO_2$ )
- $Sb_2O_3 + HCl \rightarrow SbOCl + H_2O$   $Sb_2O_3$   
+  $NaOH \rightarrow Na[Sb(OH)_4]$  амфотер.
- $Bi_2O_3 + H^+ \rightarrow Bi^{3+}$  основной

# Хим. свойства Р, As, Sb, Вi

- Степень окисления +5
- $P_4O_{10} + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_4$  (или  $HPO_3$ )
- $As_2O_5 + H_2O \rightarrow H_3AsO_3$  (или  $HAsO_2$ )
- $Sb_2O_5 + HF \rightarrow [SbF_6]^- + H_2O$   
 $+NaOH \rightarrow Na[Sb(OH)_6]$   
 $SbOCl + Cl_2 + H_2O$  (амфотерный, окислитель)
- $Sb_2O_5 + HCl \rightarrow$
- $Bi_2O_5 + NaOH \rightarrow NaBiO_3$  (сплавлен), (Сильный окислитель, основной)
- Висмутат окисляет  $Mn^{2+}$  до  $MnO_4^-$ :  
 $5NaBiO_3 + 2Mn^{2+} + 14H^+ \rightarrow 5Bi^{3+} + 2MnO_4^- + 7H_2O$



# ХИМ. СВОЙСТВА P, As, Sb, Bi

- $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 2\text{Cl}_2 + 4\text{KOH} = \text{Bi}_2\text{O}_5 + 4\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O}$  (100 C)
- $\text{Sb}_2\text{O}_3 + \text{O}_2$  (давл) =  $\text{Sb}_2\text{O}_5$
  
- Соединения с серой и тиосоли:
- $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{NaAsS}_2$  (Sb) кислый
- $\text{As}_2\text{S}_5 + 3\text{Na}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Na}_3\text{AsS}_4$  (Sb) кислый
- $\text{Bi}_2\text{S}_3 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{X}$
- $\text{Bi}_2\text{S}_5$  – не существует.