



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	VII A	VIII A	IX A
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 ¹	s ²	d ¹													p ⁴	p ⁵	p ⁶	
	s																		



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

Металлический фосфор

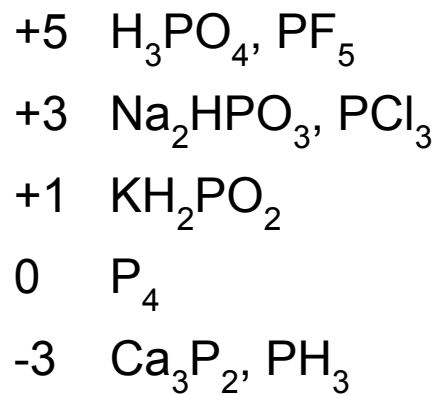
** Актиноиды

При 8,3 · 10¹⁰ Па чёрный фосфор переходит в новую, ещё более плотную и инертную металлическую фазу с плотностью 3,56 г/см³, а при дальнейшем повышении давления до 1,25 · 10¹¹ Па — ещё более уплотняется и приобретает кубическую кристаллическую решётку, при этом его плотность возрастает до 3,83 г/см³. Металлический фосфор очень хорошо проводит электрический ток.

Простые вещества, и основные степени окисления

15
VA
7N
15P
33As
51Sb
83Bi
P ³

ns^2np^3



Простые вещества, и основные степени окисления

As_n, Sb_n - полимеры.
 As – мышьяк, arsenicum

15
VA
7N
15P
33As
51Sb
83Bi
p ³

Соли – арсениды, арсениты, арсенаты.

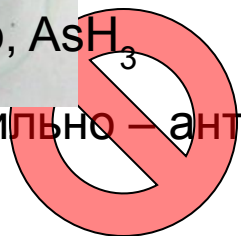
+5 H₃AsO₄, SbCl₅
 (лат), ант

+3 AsCl₃
 As_n ги, стиб

-3 Na₃Sb, AsH₃



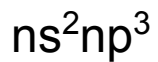
Неправильно – анти



ns²np³

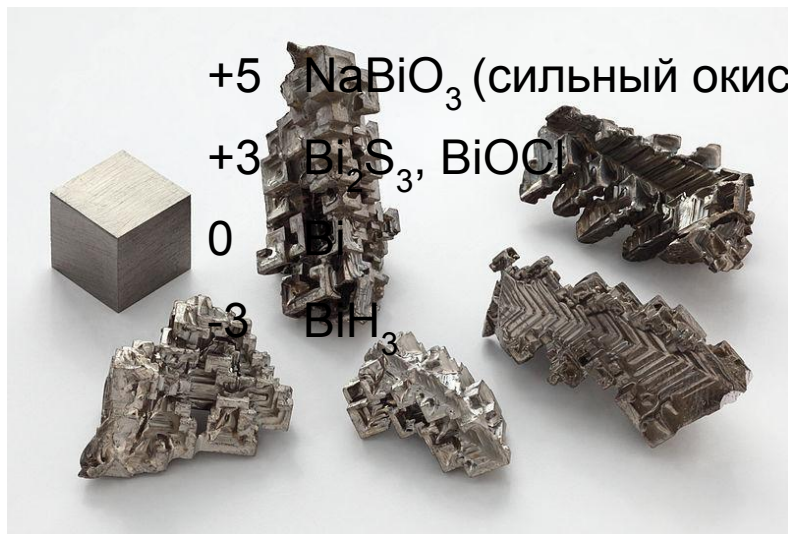
Простые вещества, и основные степени окисления

15
VA
7N
15P
33As
51Sb
83Bi
P ³



Bi – висмут, bismuthum.

Самый «тяжелый» нерадиоактивный металл.



+5 NaBiO_3 (сильный окис.)

+3 $\text{Bi}_2\text{S}_3, \text{BiOCl}$

0 Bi

-3 BiH_3



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	As_2S_3 аурипигментит FeAsS арсенопирит	Sb_2S_3 антимонит	Bi_2S_3 висмутин Bi_2O_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

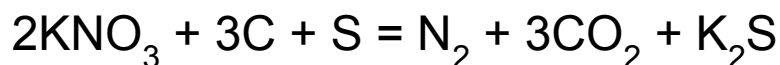
Применение

N₂

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

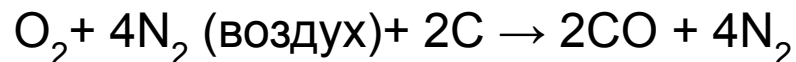
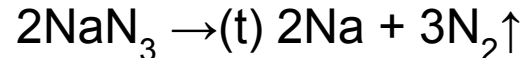
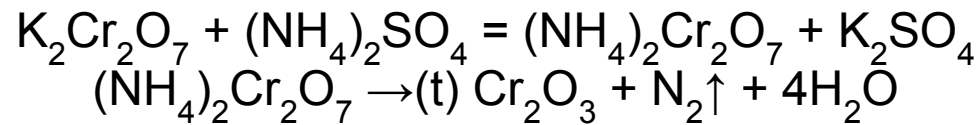
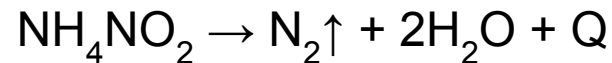


Черный порох:

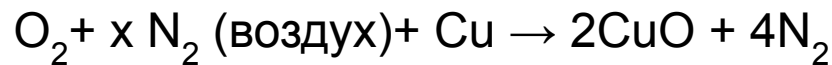


Азот получение

Лабораторное

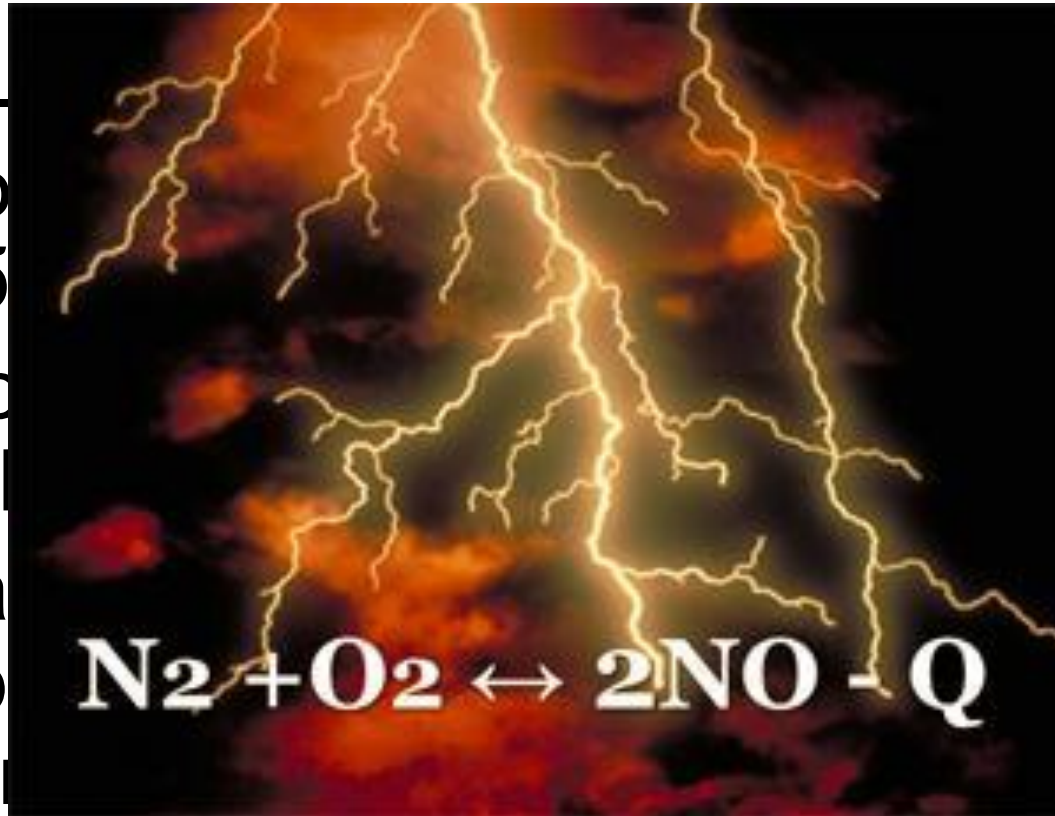


Очистка:



Свойства

- Азот 3-валентен, прочно связан, способный к образованию прочных связей.
- При комбинировании с магнием: $3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$
- Восстановление азота. Реагирует с фтором: $3\text{F}_2 = 2\text{NF}_3$ и с кислородом: $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$



из-за
льные
ько:
N
3
ом при
N₂ +

Свойства

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

Примеры:

TiN

(ковалентный, куб. алмазоподоб.)



AlN

(ионный, но бывает и вторая модификация - ковалентный)

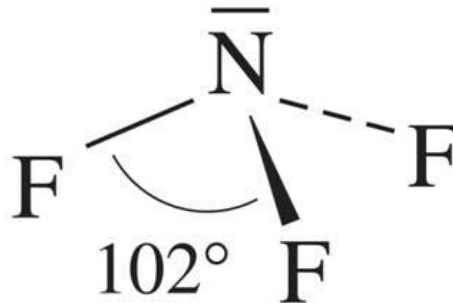


$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NH}_3$

Свойства

Галогениды N

NF_3 – УСТОЙЧИВ, $\Delta_f G^0 < 0!!!$



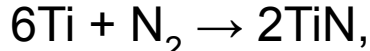
NCl_3 – взрывчатая, летучая жидкость

NBr_3 – очень неустойчив

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

Свойства

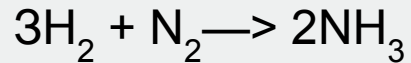
При нагревании:



Сложный в исполнении, но дешевый



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

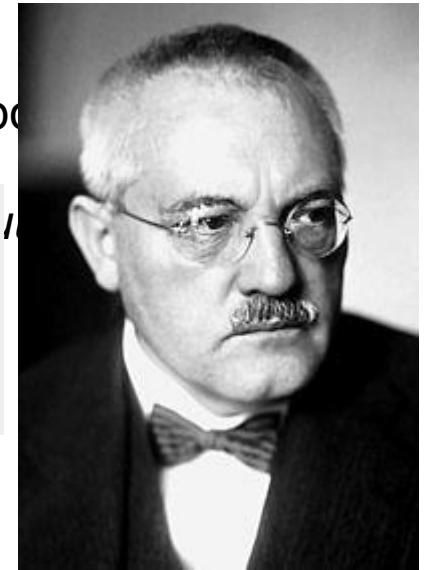


Катализатор = Pt, Fe

Температура около 400° С и давление
300—400 атмосфер



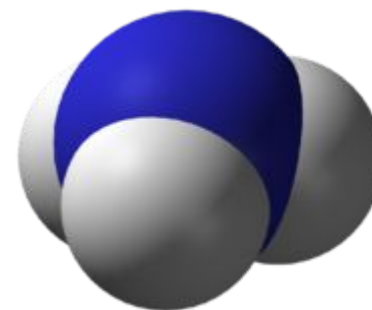
Фриц Габер



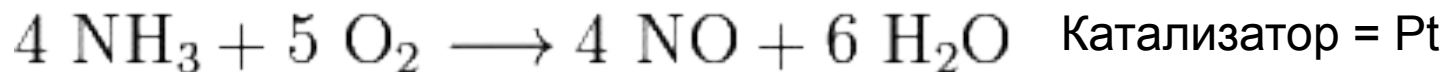
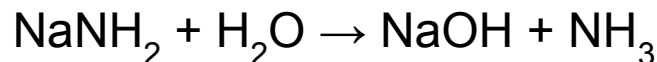
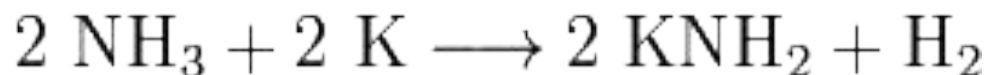
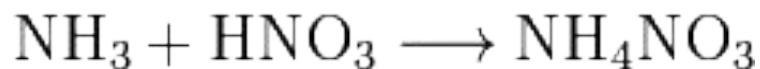
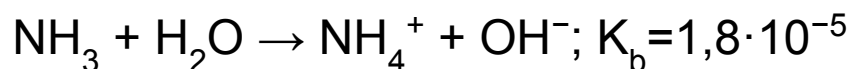
Карл Бош

1913 год

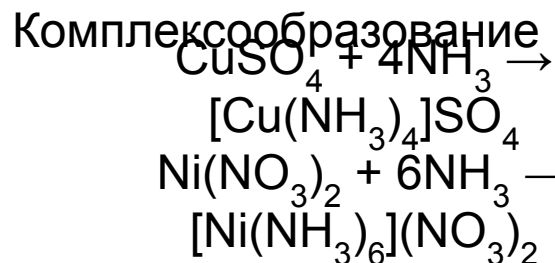
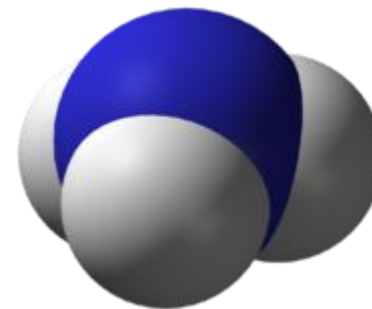
Аммиак



Аммиа́к — NH_3 , нитрид водорода, при нормальных условиях — бесцветный газ с резким характерным запахом (запах нашатырного спирта), почти вдвое легче воздуха.

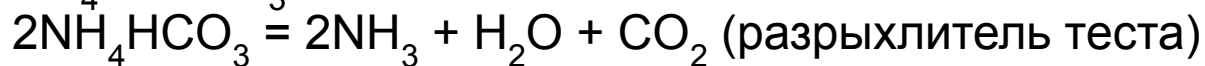


Аммиак

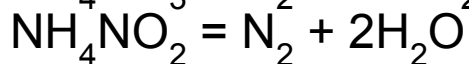
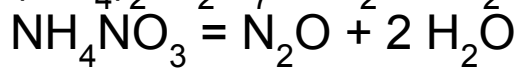
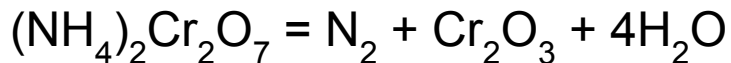


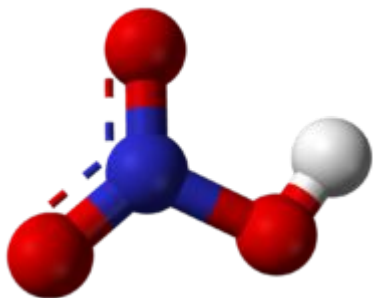
Соли аммония – б.ц., хорошо раств., термически нестойкие.

Кисл.-основн.:

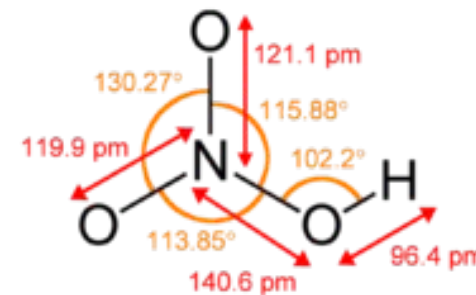


ОВР:



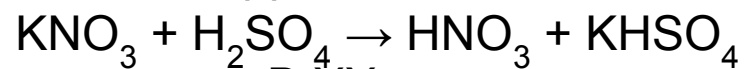


Азотная кислота

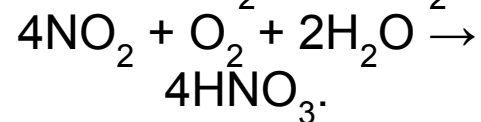
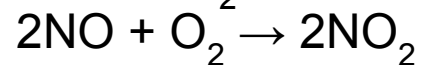
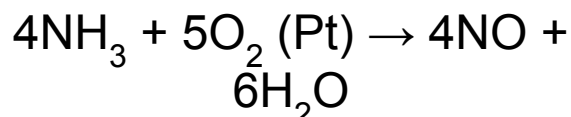


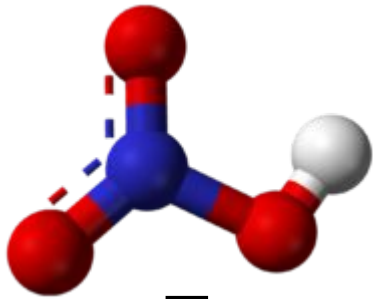
Производство:

До XX века:

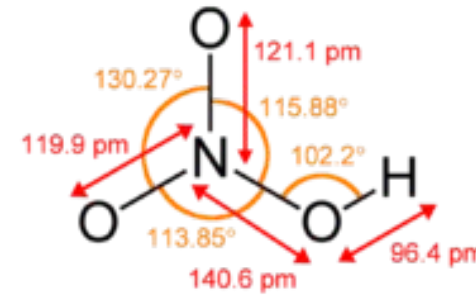


В XX веке и до... :

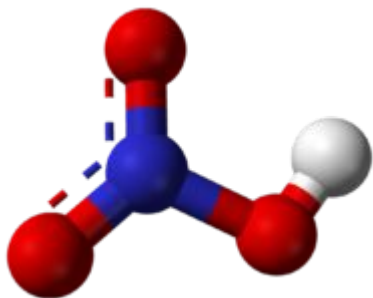




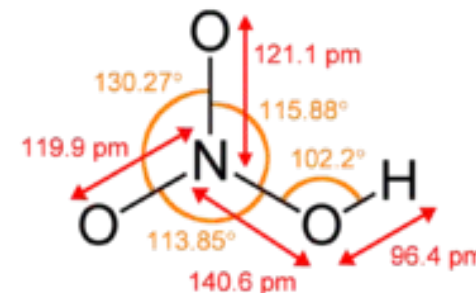
Азотная кислота



- **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;

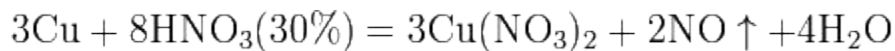
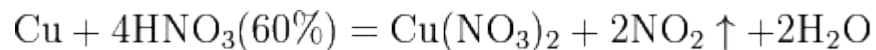
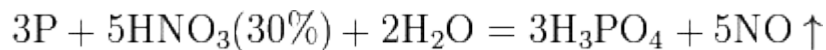
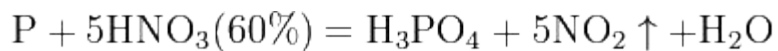
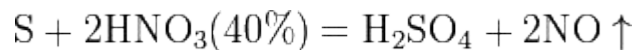
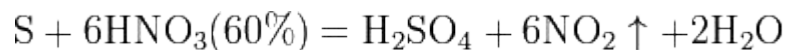


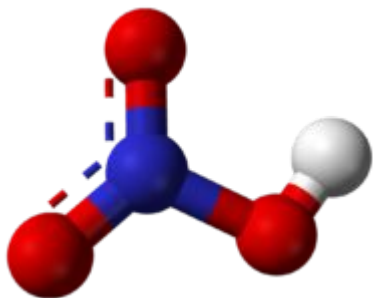
Азотная кислота



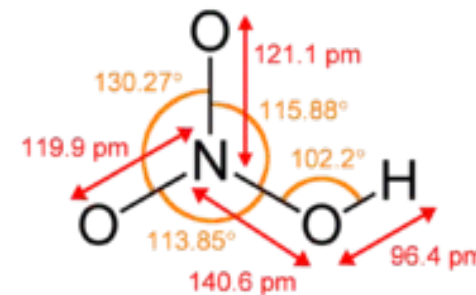
Различные азотсодержащие продукты при взаимодействии азотной кислоты с различными веществами:

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



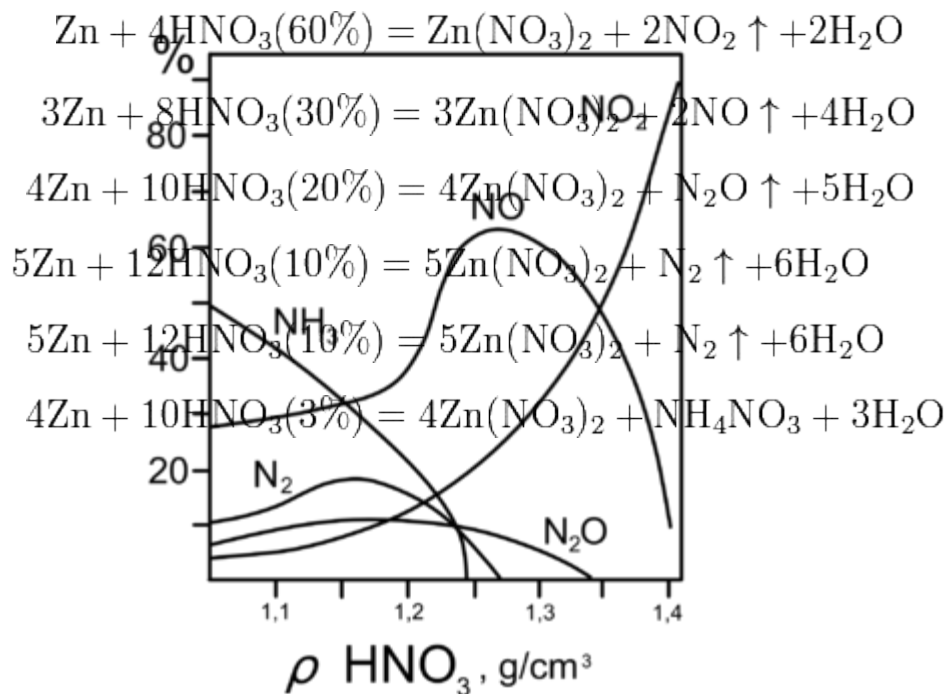


Азотная кислота



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	$NaNO_3$

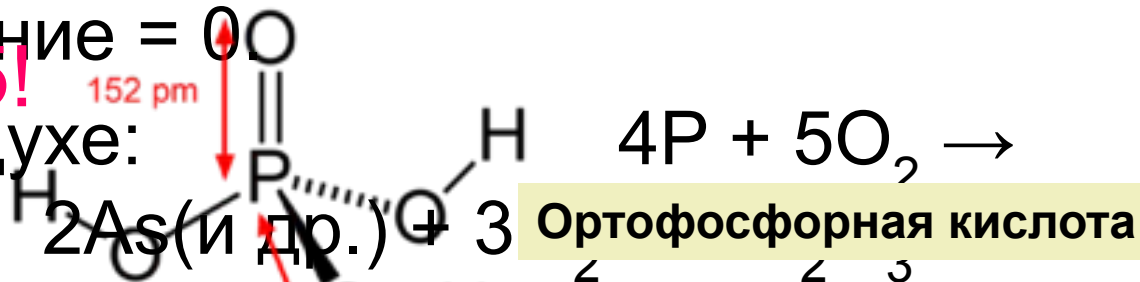
Хим. свойства P, As, Sb, Bi

- Степень окисления (-3). PH_3 , AsH_3 , SbH_3 , 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 NH_3 не проявляет
кисл.-основ. свойств (размеры)

ХИМ. СВОЙСТВА P, As, Sb, Bi

- Степень окисления = 0
- Валентность = 5!
- Горение на воздухе:

$$P_4O_{10} \quad 2As(\text{и др.}) + 3 \text{ Ортофосфорная кислота} \quad 4P + 5O_2 \rightarrow$$

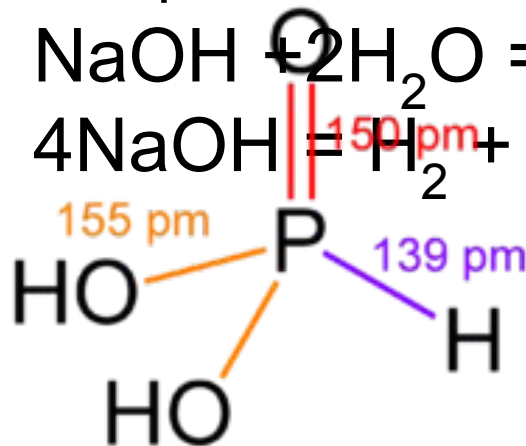


- С кислотами-не окислителями не реагируют

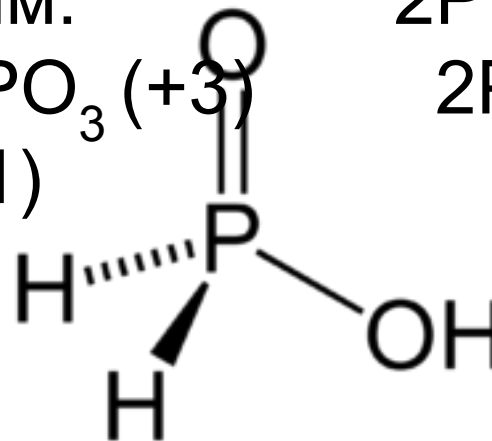
- С щелочами P по двум путям:

$$2P + NaOH + 2H_2O = PH_3 + NaH_2PO_3 (+3) \quad 2P +$$

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



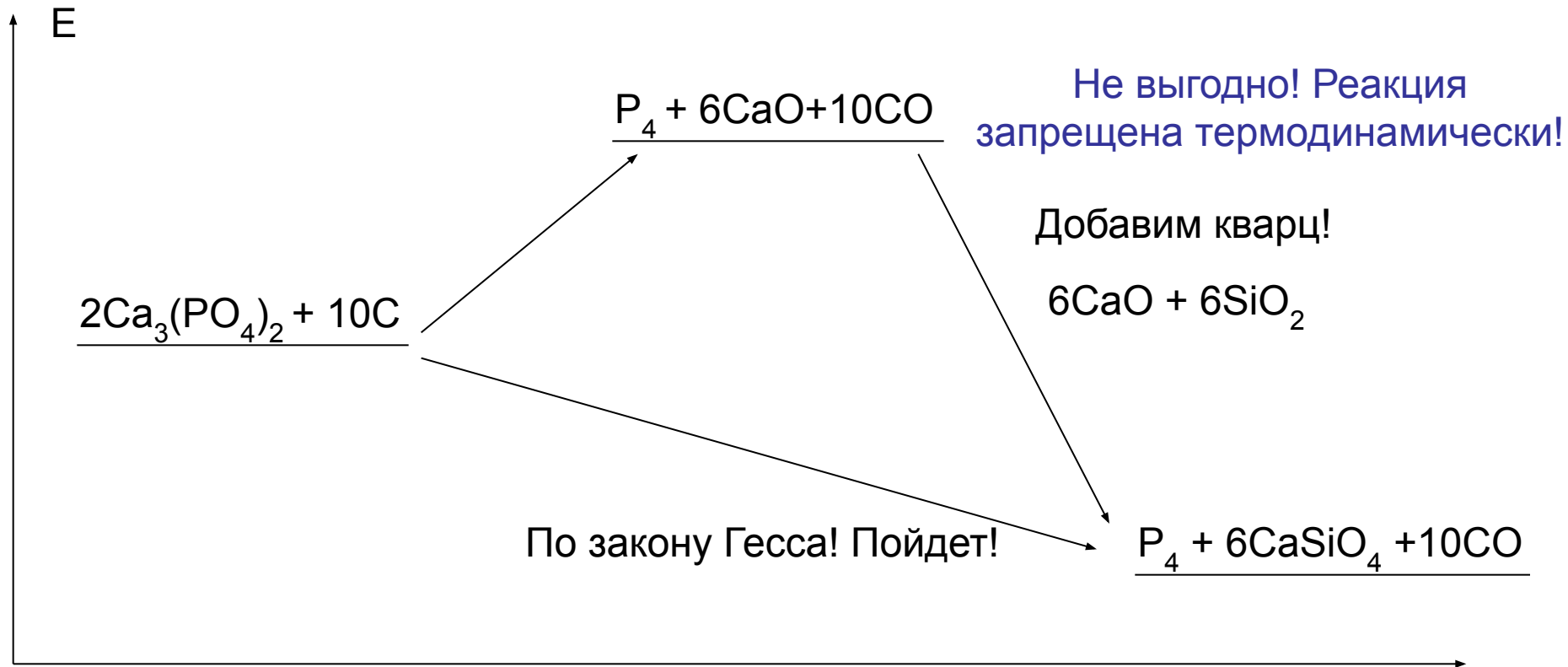
Фосфористая кислота



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 P, As, Sb, Bi

- 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) = Sb_2O_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
- $\text{Bi}_2\text{S}_3 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{X}$
- Bi_2S_5 – не существует.