

# Подгруппа азота

<b>N</b> 7 Азот 14,00674(4) $2s^2 2p^3$	<b>P</b> 15 Фосфор 30,973762(4) $3s^2 3p^3$	<b>As</b> 33 Мышьяк 74,92159(2) $4s^2 4p^3$	<b>Sb</b> 51 Сурьма 121,75(3) $5s^2 5p^3$
<b>Bi</b> 83 Бисмут 208,98037(3) $6s^2 6p^3$			

**Электронное строение  
и физические свойства элементов подгруппы азота**

Атом- ный №	Назва- ние	Радиус атома, нм	$\pi$ , эВ	$\Sigma O$	Степени окисления	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$t_{пл}$ , °С	$t_{кип}$ , °С
7	Азот (N)	0,074	14,5	3,04	-3, -2, -1, +1, +2, +3, +4, +5	0,88 (ж.)	-210	-196
15	Фосфор (P)	0,110	10,5	2,19	-3, +1, +3, +5	1,82 (белый)	44,2 (белый)	281 (бел.)
33	Мышь- як (As)	0,121	9,8	2,18	-3, +3, +5	5,72	815 (под давл.)	613 (возг.)
51	Сурьма (Sb)	0,141	8,6	2,05	-3, +3, +4, +5	6,69	631	1637
83	Висмут (Bi)	0,152	7,3	2,02	+3, +5	9,79	271	1560

Химия элементов V группы очень разнообразна и, учитывая необычные свойства элементов, при изучении ее разбивают на две подгруппы - подгруппу азота и подгруппу мышьяка.

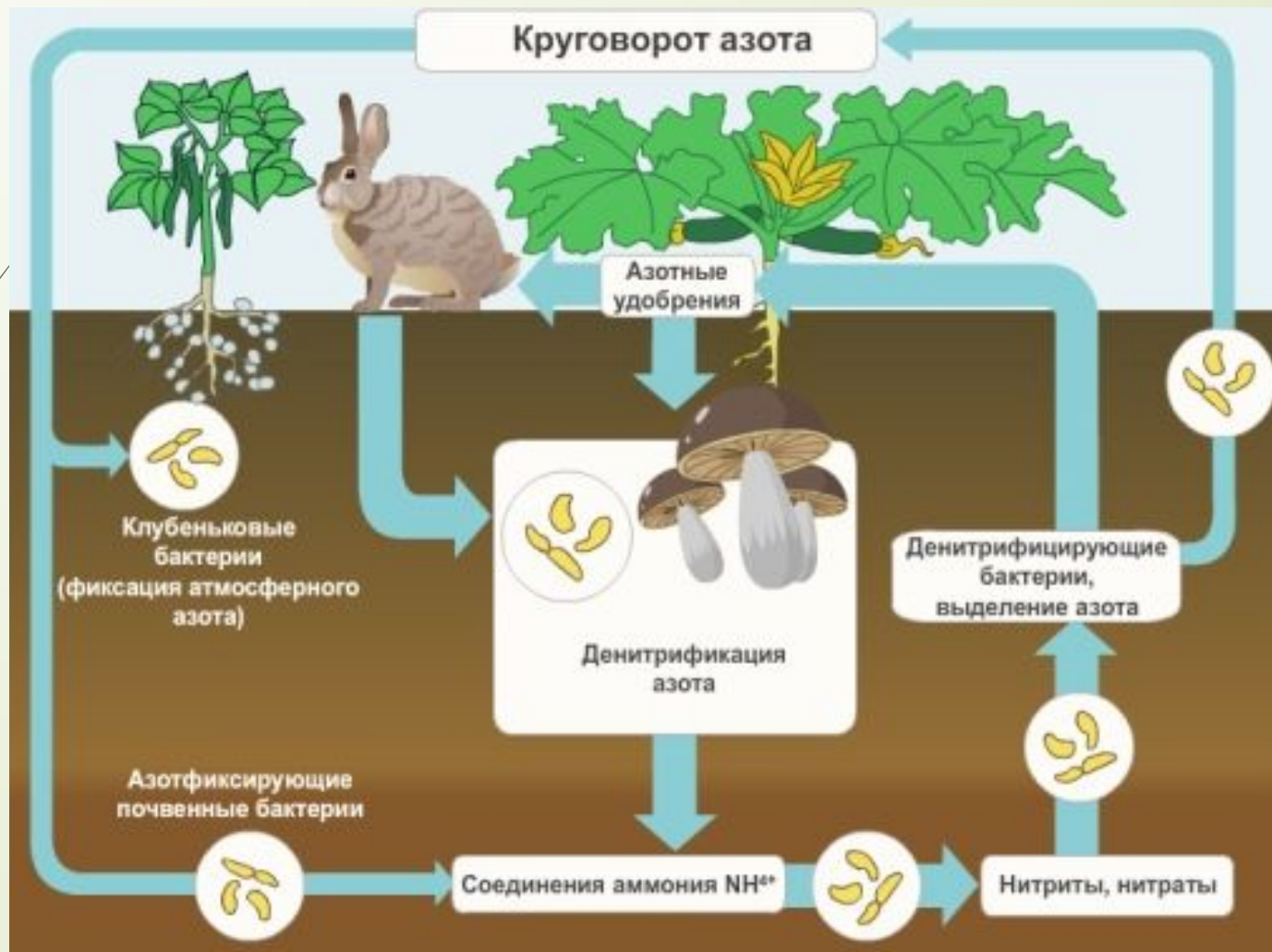


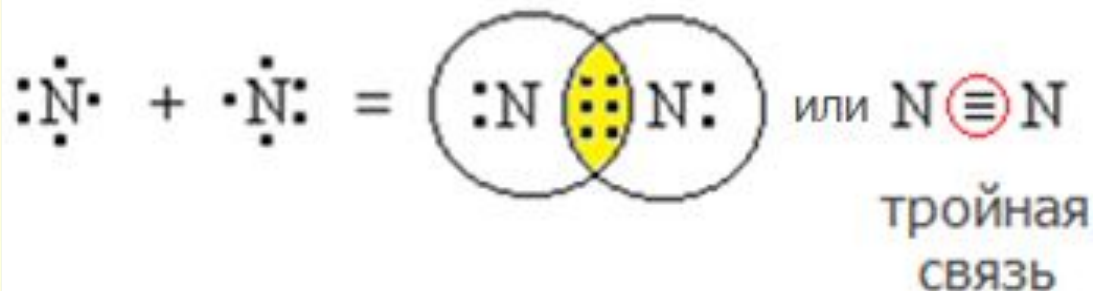
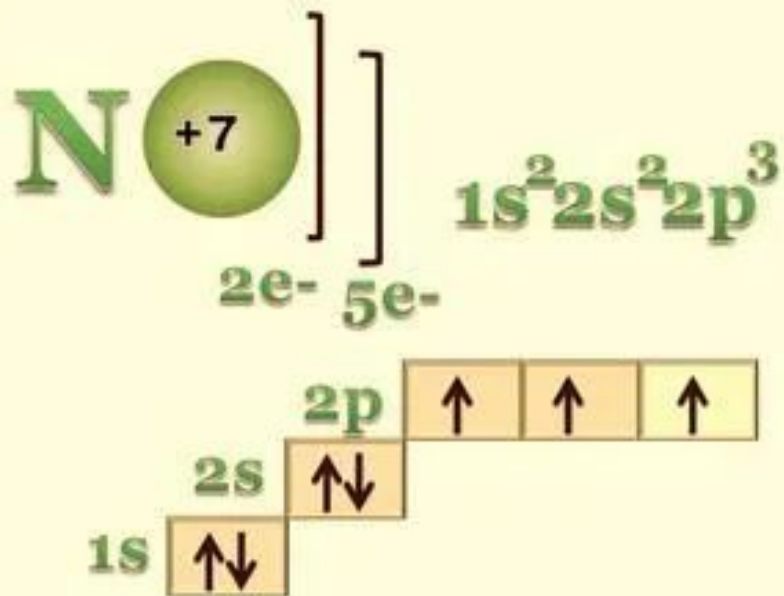


Азот ( $N_2$ ) был открыт Дж.Пристли в 1774г. При обычных условиях это газ без цвета и запаха. В природе состоит из двух изотопов  $^{14}N$  (99,6%) и  $^{15}N$  (0,4%).

"азот" (греч.) - безжизненный, не поддерживает дыхание и горение.

Азот - основной компонент воздуха (78% по объему).





- немного легче воздуха; плотность  $1,2506 \text{ кг/м}^3$  (при н.у.)
- $t_{\text{пл}} = -209,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{кип}} = -195,8 \text{ }^\circ\text{C}$
- азот сжижается с трудом: плотность жидкого азота  $800 \text{ кг/м}^3$



# СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ АЗОТА

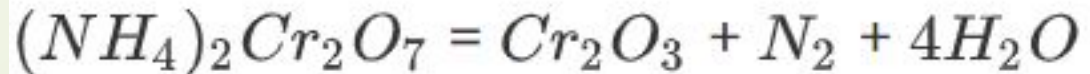
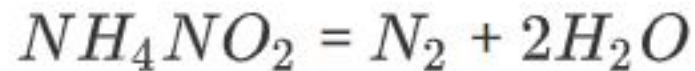
## Промышленные способы:

Ректификация (разделение) жидкого воздуха:

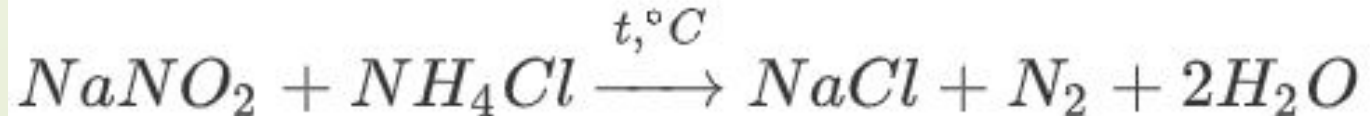
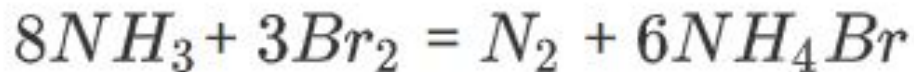
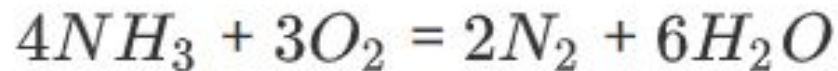
- сначала улетучивается  $N_2$  ( $t_{\text{кип}} = -196^\circ\text{C}$ );
- затем  $O_2$  ( $t_{\text{кип}} = -183,0^\circ\text{C}$ )

## Лабораторные способы:

Окислительно-восстановительное разложение некоторых солей аммония:

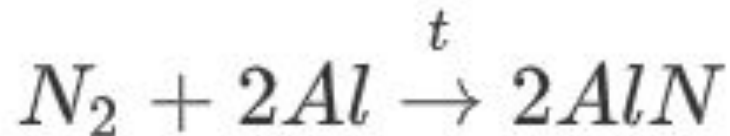
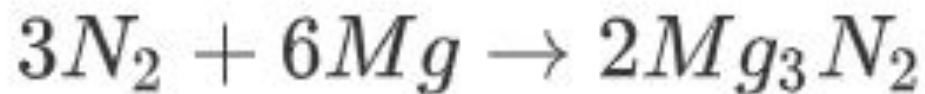
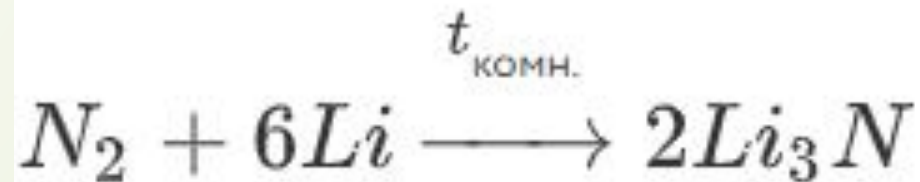


Окисление аммиака и солей аммония:



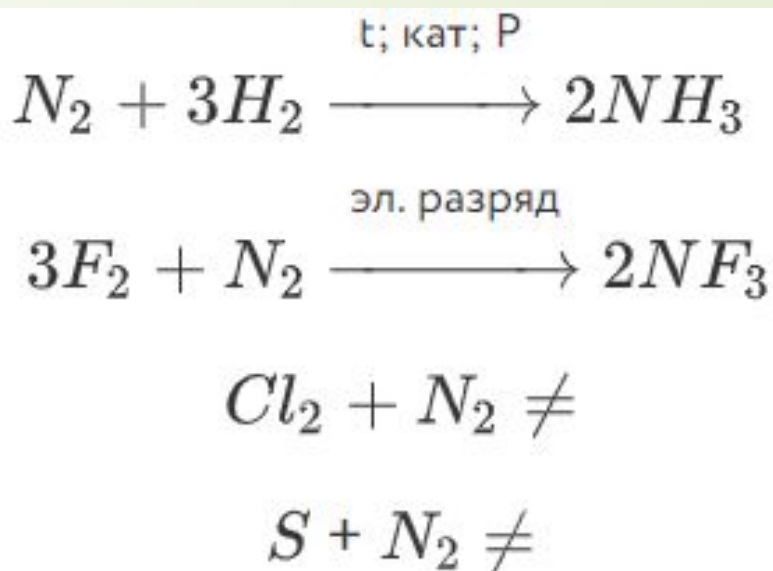
## ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА:

Молекулярный азот — химически инертное вещество, поэтому легко реагирует только с металлами:

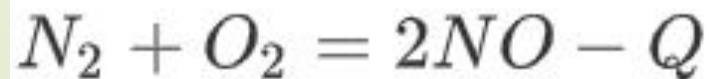


Азот при взаимодействии с металлами проявляет окислительные свойства: образуются нитриды металлов, в которых степень окисления азота равна -3.

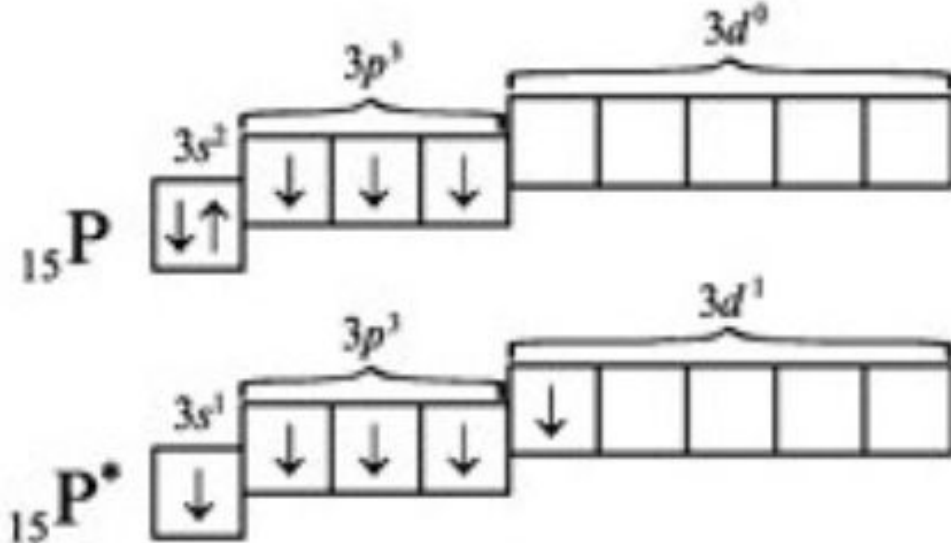
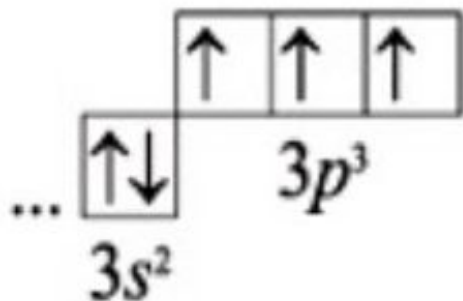
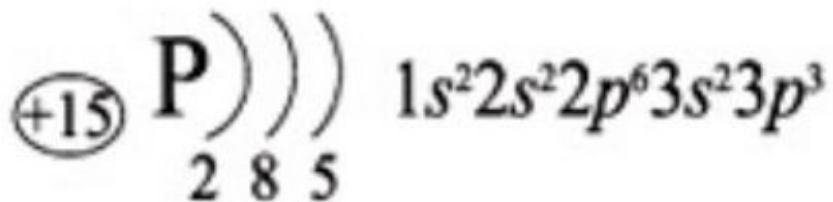
С неметаллами азот реагирует тяжелее: для инициирования и ускорения реакций необходимо применять высокие температуры, искровые электрические разряды, ионизирующее излучение, катализаторы (Fe, Cr, V, Ti и их соединения):



Реакция горения азота идет при высокой температуре, в электрическом разряде или в присутствии катализатора:





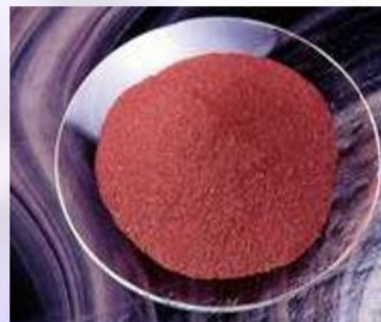


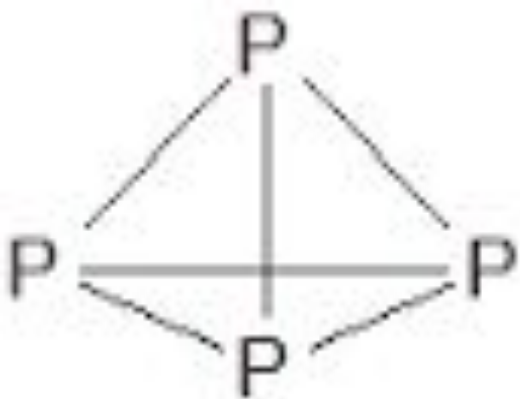
В возбужденном состоянии фосфор проявляет валентность V, в основном - III. Характерные степени окисления фосфора в соединениях -3, +3, +5; наиболее устойчивой является степень окисления +5.

**Белый фосфор**



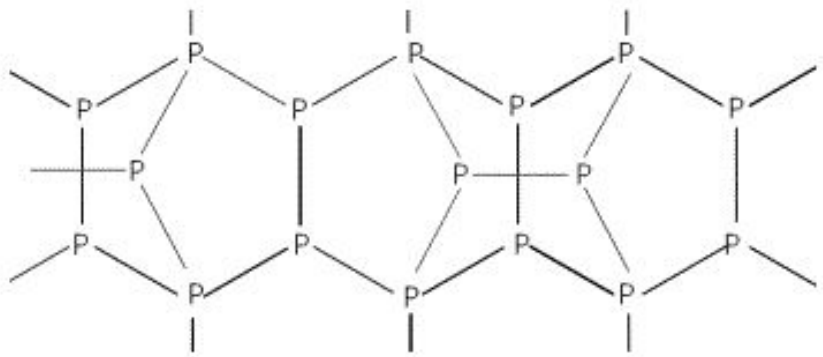
**Красный фосфор**      **Черный фосфор**





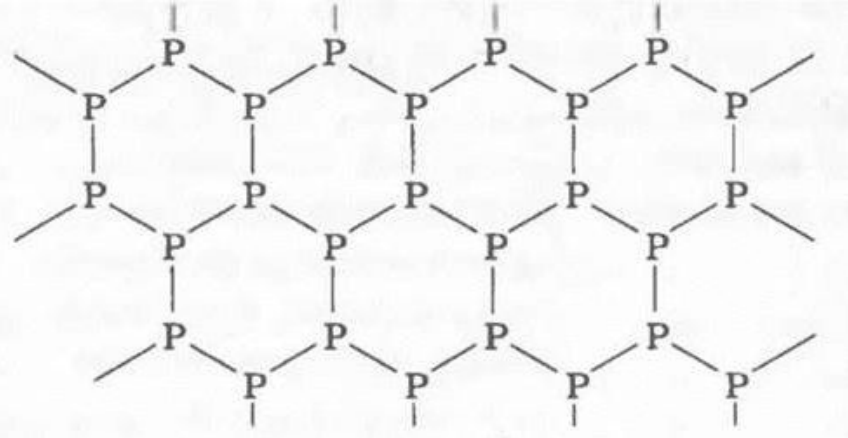
P<sub>4</sub> - белый фосфор мягкий, как воск, плавится и кипит без разложения, обладает чесночным запахом. На воздухе белый фосфор быстро окисляется (светится зеленоватым цветом). Он нерастворим в воде, но хорошо растворяется в сероуглероде (CS<sub>2</sub>). Воспламеняется при 35 °С или от трения, поэтому его хранят и режут под слоем воды. Обладает очень высокой химической активностью. При нагревании без доступа воздуха до 250–300 °С превращается в красный фосфор.

**Ядовит!** Противоядием служит сильно разбавленный раствор сульфата меди (II). Он обезвреживает фосфор, переводя его в фосфид меди.



$P_n$  - красный фосфор, полимер; твёрдое порошкообразное вещество тёмно-красного цвета, нерастворимое в воде и сероуглероде По свойствам резко отличается от белого фосфора: не ядовит, не светится в темноте, не растворяется в сероуглероде и других органических растворителях, не обладает высокой химической активностью.

При комнатной температуре медленно переходит в белый фосфор; при нагревании до  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  под давлением превращается в черный фосфор.



Черный фосфор по виду похож на графит: имеет металлический блеск. По структуре – это неорганический полимер, молекулы которого имеют слоистую структуру.

Полупроводник. Не ядовит. Химическая активность значительно ниже, чем у белого фосфора. На воздухе устойчив. При нагревании переходит в красный фосфор.

Известны также и другие модификации – **фиолетовый и коричневый фосфор**. Эти разновидности элемента пока ещё не находят широкого практического применения

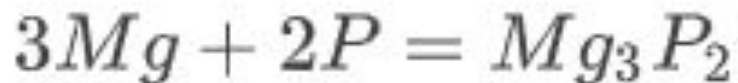
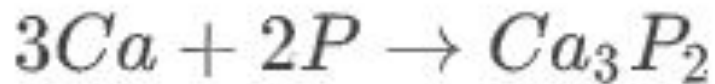


## ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОСФОРА

Наиболее активным в химическом отношении является белый фосфор (но на практике предпочитают работать с красным фосфором). Он может проявлять в реакциях свойства как окислителя, так и восстановителя, например:

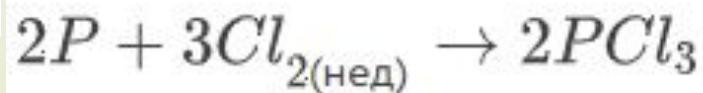
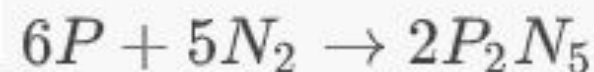
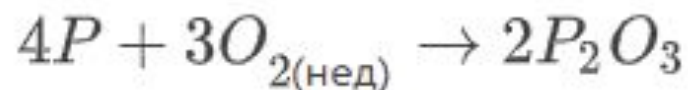
### P - окислитель

при взаимодействии с  
менее электроотрицательными элементами  
(металлами)

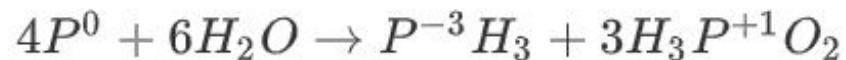


### P - восстановитель

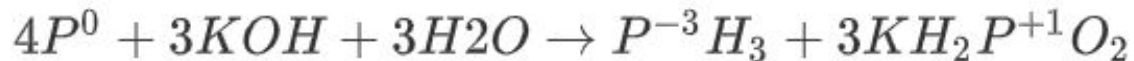
при взаимодействии с более  
электроотрицательными элементами  
(неметаллами)



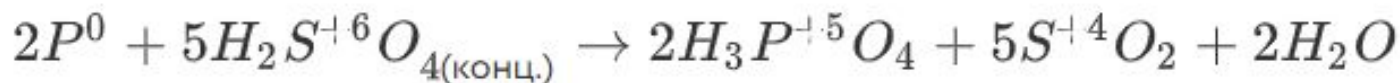
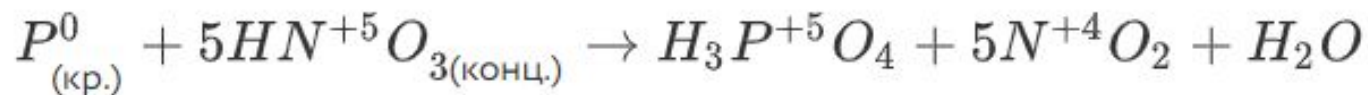
1) При взаимодействии с водой фосфор диспропорционирует (является и окислителем и восстановителем одновременно) с образованием фосфина и фосфорноватистой кислоты:



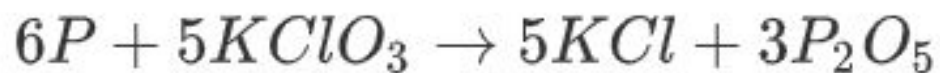
2) С растворами щелочей фосфор образует фосфин и гипохлориты:



3) Фосфор не реагирует с большинством кислот, однако сильные кислоты-окислители (азотная, серная, хлорная) превращают фосфор в (орто)фосфорную кислоту:



4) Реакция окисления также происходит при поджигании спичек, в качестве окислителя выступает бертолетова соль:





# ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОРА

**Белый фосфор** используют:

- для изготовления зажигательных снарядов, светящихся в темноте составом и для создания так называемых «дымовых завес», т.к. при горении фосфора образуется густой дым ( $P_2O_5$ );
- для получения препаратов, которые используют для уничтожения насекомых-вредителей;
- для производства фосфорной кислоты;
- природные соединения фосфора: апатиты и фосфориты используются в производстве минеральных удобрений.

**Красный фосфор** используют в производстве спичек: входит в состав массы, наносимой на боковую сторону спичечной коробки.