

Неметаллы V A группы.

N, P, As. Общая формула валентных электронов ns^2np^3 .

1. Азот – простое вещество N_2 . Связать азот воздуха можно металлами, кислородом и водородом. $N_2 + O_2 \leftrightarrow 2NO - 180 \text{ кДж}$. Реакция начинается при температуре выше 2000°C – энергетически не выгодно. В промышленных масштабах получают аммиак из азота и водорода $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$. Реакцию проводят при 400°C , давлении 200 атм в присутствии железного катализатора. **Аммиак** – газ с резким запахом, в одном объеме воды растворяется примерно 700 объемов аммиака. Водный раствор аммиака – нашатырный спирт $NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$. NH_4^+ - ион аммония, NH_4OH – слабое основание (щелочь). $2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$ соль – сульфат аммония. При горении аммиака образуются азот и вода $4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$.

Получают аммиак в лаборатории из твердого нашатыря и гашеной извести:

$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3\uparrow$. Для ускорения реакции вещества надо растереть и нагреть. Аммонийные соли разлагаются при нагревании

$NH_4Cl \leftrightarrow NH_3\uparrow + HCl\uparrow$; $NH_4NO_3 = N_2O\uparrow + 2H_2O$; $(NH_4)_2CO_3 = 2NH_3\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O\uparrow$.

Качественная реакция на ион-аммония NH_4^+ : $NH_4Cl + KOH = NH_3\uparrow + H_2O + KCl$ при нагревании ощущается запах аммиака.

Несолеобразующие оксиды азота: N_2O и NO . Кислотные оксиды: N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 .

HNO_2 азотистая кислота слабая неустойчивая, ее соли – нитриты более устойчивы, но соли аммония при слабом нагревании легко разлагается $NH_4NO_2 = N_2\uparrow + 2H_2O$.

Оксид азота (IV) NO_2 бурый ядовитый газ с неприятным запахом, сильный окислитель. Он является ангидридом сразу двух кислот – азотной и азотистой:

$2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$, $2NO_2 + 2NaOH = NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O$.

Азотная кислота. Получают в лаборатории действием концентрированной серной кислоты на твердые нитраты при нагревании: $KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$.

Схема промышленного производства азотной кислоты: $N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3$. $2NO + O_2 = 2NO_2$, $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$ кислота сильная, летучая.

При взаимодействии азотной кислоты с металлами водород не выделяется, так как она является окислителем за счет азота +5. Концентрированная азотная кислота не реагирует с алюминием, хромом, железом. В зависимости от степени разбавления кислоты и активности металла получают соль, вода и NH_4^+ , N_2 , N_2O , NO , NO_2 . Азотная кислота реагирует практически со всеми металлами за исключением золота, платины и некоторых других. $3Cu + 8HNO_3(\text{разб}) = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$.

$Cu + 4HNO_3(\text{конц}) = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$. Реагирует и с неметаллами

$P + 5HNO_3(\text{конц}) = H_3PO_4 + 5NO_2\uparrow + H_2O$. Все **нитраты** термически неустойчивы и при нагревании разлагаются. Нитраты активных металлов – калия или натрия – при нагревании отщепляют кислород, превращаясь в нитриты $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2\uparrow$.

Нитраты менее активных металлов, стоящих в ряду напряжений от алюминия до меди, при нагревании выделяют оксид азота (IV) и кислород, превращаясь в оксиды $2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$. Нитраты ртути и серебра при разложении образуют металлы $2AgNO_3 = 2Ag + 2NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

Качественная реакция на азотную кислоту и ее соли:

$2NaNO_3(\text{кр}) + H_2SO_4(\text{конц}) = Na_2SO_4 + 2HNO_3$,

$Cu + 4HNO_3(\text{конц}) = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2\uparrow(\text{бурый})$.

2. **Фосфор** (в переводе с греческого «светоносец») может существовать во многих модификациях (до 11), в основном, в виде белого P_4 (ядовит), красного P_n (не ядовит) и черного P_n . В промышленности фосфор получают из фосфорита

$Ca_3(PO_4)_2 + 5C + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + 5CO\uparrow + 2P\uparrow$. Фосфор используют в спичечной промышленности. На спичечную головку нанесена смесь, содержащая бертолетову соль $KClO_3$, клей, небольшие количества серы, оксида марганца (IV), а на боковые стенки коробка – смесь красного фосфора со стеклянной крошкой. При трении спички о коробок фосфор окисляется бертолетовой солью и спичка загорается $5KClO_3 + 6P = 3P_2O_5 + 5KCl$.

В природе встречается в виде фосфорита и апатита, содержащего фосфор в виде фосфата кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, который не растворим в воде. Основное количество фосфорной кислоты идет на производство минеральных удобрений.

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{CaSO}_4\downarrow + 2\text{H}_3\text{PO}_4$. **Реактивом на фосфат-анион являются катионы серебра** – выпадает желтый осадок: $3\text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} = \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow$.

Минеральные удобрения характеризуются содержанием в них питательных элементов (азота, фосфора или калия). Удобрения, содержащие только один питательный элемент, называют простыми, например, аммонийная селитра NH_4NO_3 , хлорид калия KCl , двойной суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Удобрения, содержащие два или более питательных элементов, называют комплексными, например, калиевая селитра KNO_3 , аммофоска – смесь кислых фосфатов аммония $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ и хлорида калия KCl .

Неметаллы подгруппа углерода: C и Si.

Общая формула валентных электронов ns^2np^2 . Углерод образует аллотропные видоизменения алмаз и графит C_n . Аморфный углерод – уголь способен удерживать на своей поверхности газ или растворенные вещества, это явление называют **адсорбцией**. Углерод и кремний проявляют низшую степень окисления -4 в соединениях с металлами и водородом (углеводороды). Углерод образует два оксида: 1) CO – безразличный (угарный газ), в реакциях может быть окислителем и восстановителем; 2) CO_2 – кислотный (углекислый газ), в реакциях может быть только окислителем. Угольная кислота H_2CO_3 существует в момент образования, она практически нацело разлагается на углекислый газ и воду. Кислота образует два ряда солей: средние – карбонаты и кислые – гидрокарбонаты. Na_2CO_3 - безводный карбонат натрия называют кальцинированной содой, а кристаллогидрат- $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – кристаллической содой. Гидрокарбонат натрия NaHCO_3 называют пищевой содой или пищевой. При нагревании она разлагается $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$.

Если вода содержит гидрокарбонат кальция или магния, то говорят о наличии карбонатной или временной жесткости воды, так как ее можно устранить кипячением воды. На стенках чайника Вы можете обнаружить образующийся карбонат кальция – «накипь»: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$. Чтобы в котлах не образовывалась накипь, воду перед употреблением умягчают, то есть связывают ионы кальция. Карбонатную жесткость устраняют, добавляя гашеную известь:

$\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- = 2\text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$. Мыло в жесткой воде реагирует с ионами кальция, и образуются белые хлопья, нерастворимые в воде:

$2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa} + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca}\downarrow + 2\text{NaHCO}_3$.

Реактивом на карбонат-анион и гидрокарбонат-анион является более сильная кислота, в результате выделяется углекислый газ: $2\text{H}^+ + \text{CaCO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow + \text{Ca}^{2+}$, если карбонат был растворим в воде, то $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$.

Кремний образует атомную кристаллическую решетку, как алмаз. Кремний относится к полупроводникам. Соединение с водородом – силан SiH_4 менее устойчивое, чем углеводороды. На воздухе сам собой загорается $\text{SiH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Соединяясь с углеродом, кремний образует карбид кремния, или карборунд SiC . Его кристаллическая решетка такая же, как у алмаза. SiO_2 - оксид кремния (кремнезем) – кислотный оксид, атомная кристаллическая решетка. Кремниевая кислота H_2SiO_3 (слабая) не растворима в воде, распадается на оксид и воду. Соли – силикаты.

Стекло получают сплавлением в специальных печах смеси соды, известняка и белого песка: $6\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 = \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 + 2\text{CO}_2\uparrow$. Часто соду заменяют сульфатом натрия и углем для получения силиката натрия:

$2\text{SiO}_2 + \text{C} + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 = 2\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2\uparrow + 2\text{SO}_2\uparrow$.

Реактивом на силикат-анион является более сильная кислота, в результате выпадает кремниевая кислота в виде белого студенистого осадка: Na_2SiO_3 - канцелярский клей.

$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$, $\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow$.