

# КИСЛОРОД



Лихолетова Дарья, 10 "3", 2013

# ◎ План

## ● Кислород

- Характеристики кислорода
- Аллотропные модификации и изотопы кислорода
- Получение кислорода
- Химические свойства кислорода
- Качественная реакция и цвета пламени нек. Элементов

## ● Пероксидные соединения

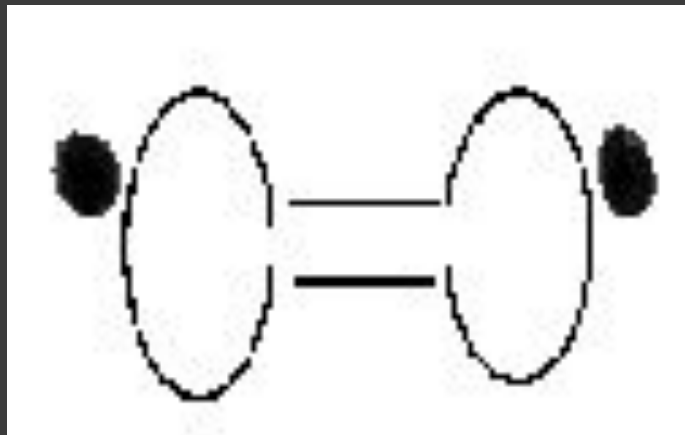
- Пероксид водорода
  - Характеристика
  - Химические свойства

## ● Озон

- Получение озона
- Химические свойства озона
- Качественные реакции озона

# Кислород

- Кислород  $O_2$  – газ без цвета, запаха и вкуса при нормальных условиях. Плохо растворим в воде. Жидкий кислород **имеет светло-голубой цвет**, он притягивается магнитом, так как его молекулы парамагнитны, имеют два неспаренных электрона.



- Кислород в своих соединениях проявляет, как правило, валентность равную двум. Но в принципе, он может быть и четырех валентен, так как на внешнем слое кислород имеет **2 неспаренных электрона** и **2 неподеленные электронные пары**.
- Кислород тяжелее воздуха, и в 100 объемах воды растворяется около 3х объемов кислорода.
- Поскольку атом кислорода имеет маленький размер, то максимальная валентность кислорода равна **трем**, так как вокруг него может разместиться только три атома водорода.
- Кислород во всех своих соединениях проявляет степень окисления -2, кроме соединений с Фтором (+2) и пероксидных соединений (-1)
- Сильный окислитель! Как правило, реакция окисления протекает с выделением тепла и ускоряется при повышении температуры

# Аллотропные модификации

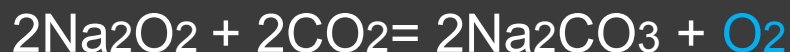
- ⊙ В природе кислород существует в виде трех изотопов  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$  и в виде двух аллотропных модификаций кислорода  $\text{O}_2$  и озона  $\text{O}_3$ .
- ⊙ В воздухе кислорода в свободном состоянии содержится около 21% (об.) или 23,2%(мас.). В земной коре на долю кислорода приходится около 47% массы земной коры.

# Получение кислорода

- ⊙ В лаборатории кислород получают разложением соединений, богатых кислородом:

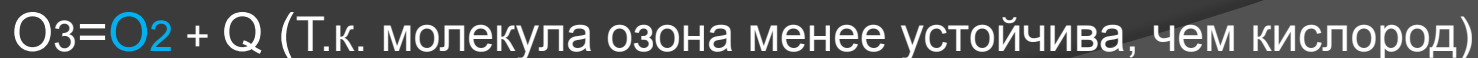


- ⊙ Или реакцией пероксида натрия и углекислого газа



- ⊙ Возможен электролиз кислородсодержащих кислот и щелочей с инертным анодом.

- ⊙ Возможно получение кислорода с помощью озона.



- ◎ В промышленности кислород получают **разделением** жидкого воздуха в ректификационных колоннах

$t_{\text{кип.}} (\text{N}_2) = -195,5 \text{ C}; t_{\text{кип.}} (\text{O}_2) = -189 \text{ C}.$

# Химические свойства

- Кислород реагирует непосредственно (при нормальных условиях, при нагревании и/или в присутствии катализаторов) **со всеми простыми веществами, кроме Au и инертных газов (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn)**; реакции с галогенами происходят под воздействием **электрического разряда или ультрафиолета**. Во всех двухэлементных соединениях кислорода с другими элементами кислород играет роль окислителя, кроме соединений со фтором.

## 1. С неметаллами (сгорание на воздухе)

По теории горения, разработанной А. Н. Бахом и К. О. Энглером, окисление происходит в две стадии с образованием промежуточного пероксидного соединения. Это промежуточное соединение можно выделить, например, при охлаждении пламени горящего водорода льдом, наряду с водой, образуется перекись водорода:

- $H_2 + O_2 = H_2O_2$
- $S + O_2 = SO_2$  (t = 250 C) не высший оксид!
- $4P + 10 O_2 = 2 P_2O_5$  (t = 60 C) или  $4P + 10 O_2 = 2 P_2O_3$
- $C_{(графит)} + O_2 = CO_2$  (t = 750 C) или  $2C + O_2 = 2CO$  (в зависимости от избытка/недостатка кислорода)
- $N_2 + O_2 = 2NO - Q$  (t = 1200C или Электрический разряд )
- $4Fe + 3O_2 + 2nH_2O = 2Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  (ржавчина – гидрат оксида железа III)
- $3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$  или  $4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$  (при высоких температурах)

## 2. Наиболее активные металлы (металлы главной подгруппы 1-й группы) реагируют более энергично (часто без нагревания) и образуют более насыщенные кислородом соединения – пероксиды и надпероксиды:

- $4Li + O_2 = 2Li_2O$  (оксид) кислород -2
- $2Na + O_2 = Na_2O_2$  (пероксид) кислород -1
- **Калий K, рубидий Rb и цезий Cs** реагируют с кислородом с образованием надпероксидов:
- $K + O_2 = KO_2$  (супероксид или надпероксид) кислород - 0.5



### 3. С Амфотерными Металлами образует ОКСИДЫ.



Смесь кислорода (или даже воздуха) с водородом называют гремучим газом. Гремучий газ взрывается от малейшей искры. При этом происходит образование воды.



○ Фториды кислорода

❖ Дифторид кислорода,  $\text{OF}_2$  степень окисления кислорода +2, получают пропусканием фтора через раствор щелочи:

❖ Монофторид кислорода (Диоксидифторид),  $\text{O}_2\text{F}_2$ , нестабилен, степень окисления кислорода +1. Получают из смеси фтора с кислородом в тлеющем разряде при температуре  $-196^\circ\text{C}$ :

\* Пропуская тлеющий разряд через смесь фтора с кислородом при определённых давлении и температуре, получают смеси высших фторидов кислорода  $\text{O}_3\text{F}_2$ ,  $\text{O}_4\text{F}_2$ ,  $\text{O}_5\text{F}_2$  и  $\text{O}_6\text{F}_2$ .

# Взаимодействие со СЛОЖНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Кислород окисляет многие сложные вещества. При этом окисление происходит, как правило, до тех же продуктов, которые образуются при окислении простых веществ соответствующих элементов:

- $\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2$
- $\text{C}_7\text{H}_{16} + 11\text{O}_2 = 7\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
- $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$

Азотсодержащие вещества обычно сгорают с образованием молекулярного азота:

- $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

Однако с помощью катализаторов это можно изменить:

- $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$  (800°C, кат. Pt/Rh)
- $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$  (400—500°C; кат. Pt,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

С кислородом реагируют только соли, способные быть восстановителями, окисляясь обычно до солей соответствующих кислородных кислот или оксидов металлов и оксидов неметаллов. Соли аммиака и гидразина окисляются до воды, азота и кислотного оксида.

- $\text{K}_2\text{S}_{(\text{тв.})} + 2\text{O}_2 = \text{K}_2\text{SO}_4$
- $\text{CaC}_2 + 3/2\text{O}_2 = \text{CaO} + 2\text{CO}$
- $(\text{NH}_4)_2\text{S} + 3\text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

С кислородом реагируют кислоты, которые можно восстановить.

- $4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
- $2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{HNO}_3$

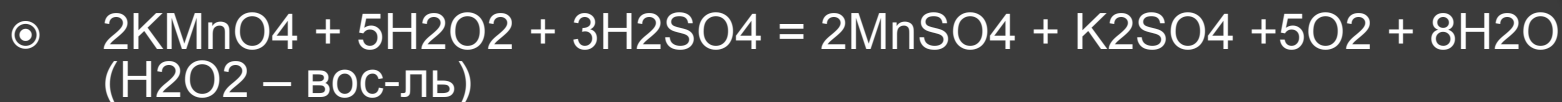
**Качественная реакция на кислород  $O_2$ .** Яркое загорание тлеющей лучинки в атмосфере кислорода.

	Окраска окислительного пламени
Мышьяк	Чисто-синяя
Бор	Сине-зеленая
Барий	Желто зеленая
Кальций	От оранжевой до кирпично-красной
Медь	Зеленая (после смачивания в азотной кислоте), голубая (после смачивания в соляной кислоте)
Калий	Фиолетовая (необходимо наблюдать через кобальтовое стекло)
Литий	Карминово-красная
Молибден	Желто-зеленая
Натрий	Интенсивно-желтая
Фосфор	Густо-зеленая
Свинец	-//-
Сурьма	Светло-зеленая
Селен	Васильково - голубая
Стронций	Карминово - красная
Теллур	Сине-зеленая
Таллий	Зеленая

# Пероксидные соединения

- Пероксид водорода, Химические свойства.
  1. **Чистая  $H_2O_2$  – вязкая бесцветная жидкость.** В отличие от воды пероксид водорода непрочное соединение. Перекись водорода разлагается даже при комнатной температуре.
  2. **Катализаторами разложения могут быть Pt, Ag,  $MnO_2$ .** В качестве ингибиторов разложения иногда добавляют ортофосфорную или мочевую кислоту (1 г на 30 л).
  3. Пероксид водорода, содержащий кислород в промежуточной степени окисления -1, может выступать в окислительно-восстановительных реакциях либо **в качестве окислителя, либо в качестве восстановителя.**

Количественно  $\text{H}_2\text{O}_2$  определяют по объему, выделившегося кислорода или по количеству, израсходованного на окисление перманганата калия.



S-элементы активно взаимодействуют с кислородом, образуя пероксиды (кроме лития):

- ⊙  $4\text{Li} + \text{O}_2 = 2\text{Li}_2\text{O}$  (оксид)
- ⊙  $2\text{Na} + \text{O}_2 = \text{Na}_2\text{O}_2$  (пероксид)
- ⊙  $\text{K} + \text{O}_2 = \text{KO}_2$  (надпероксид или супероксид оч. сильный ок-ль)

Все пероксиды и супероксиды взаимодействуют с влагой и углекислым газом, выделяя кислород:

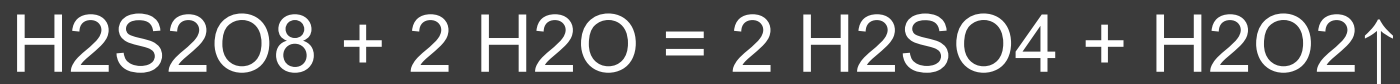
- ⊙  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$
- ⊙  $2\text{KO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$

Пероксиды щелочно-земельных металлов более устойчивы к действию влаги и  $\text{CO}_2$ .

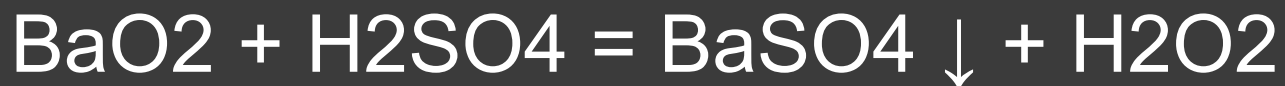
- ⊙ Пероксиды металлов способны образовывать соединения, содержащие либо кристаллизационную воду ( $\text{Na}_2\text{O}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), либо кристаллизационный пероксид водорода ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ ).

Кристаллопероксогидраты находят применение в качестве мягких отбеливателей («Персоль»), как компоненты синтетических моющих средств, в медицине.

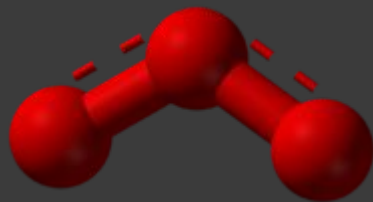
- ⊙ Получают гидролизом пероксодисерной кислоты:



- ⊙ В лабораториях  $\text{H}_2\text{O}_2$  получают действием 20 % серной кислоты на влажный пероксид бария:



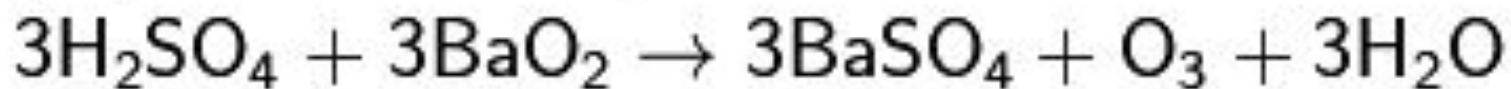
# Озон



- Состоящая из трёхатомных молекул  $O_3$  аллотропная модификация кислорода. При нормальных условиях — голубой газ. При сжижении превращается в жидкость цвета индиго. В твёрдом виде представляет собой тёмно-синие, практически чёрные кристаллы.
- Молекула  $O_3$  неустойчива и при достаточных концентрациях в воздухе при нормальных условиях самопроизвольно за несколько десятков минут<sup>[6]</sup> превращается в  $O_2$  с выделением тепла. Повышение температуры и понижение давления увеличивают скорость перехода в двухатомное состояние. При больших концентрациях переход может носить взрывной характер. Контакт озона даже с малыми количествами органических веществ, некоторых металлов или их окислов резко ускоряет превращение.
- В присутствии небольших количеств  $HNO_3$  озон стабилизируется, а в герметичных сосудах из стекла, некоторых пластмасс или чистых металлов озон при низких температурах ( $-78\text{ }^\circ\text{C}$ ) практически не разлагается.
- Озон — мощный окислитель, намного более реакционноспособный, чем двухатомный кислород. Окисляет почти все металлы (за исключением золота, платины и иридия) до их высших степеней окисления. Окисляет многие неметаллы. Продуктом реакции в основном является кислород.

# Получение Озона

- ⊙ В промышленности его получают из воздуха или кислорода в озонаторах действием электрического разряда. Сжижается  $O_3$  легче, чем  $O_2$ , и потому их несложно разделить.
- ⊙ В лаборатории озон можно получить взаимодействием охлажденной концентрированной серной кислоты с пероксидом бария:

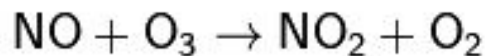




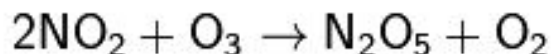
# Химические свойства Озона

⊙ Взаимодействие с оксидами.

❖ Озон повышает степень окисления оксидов:



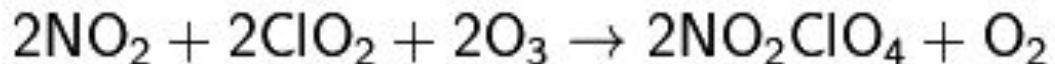
❖ Диоксид азота может быть окислен до азотного ангидрида:



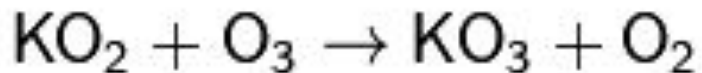
❖ С помощью озона можно получить Серную кислоту из диоксида серы:



❖ Твёрдый нитрилперхлорат может быть получен реакцией газообразных  $\text{NO}_2$ ,  $\text{ClO}_2$  и  $\text{O}_3$ :

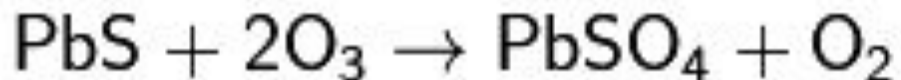


❖ Озон может образовывать озониды, содержащие анион  $\text{O}_3^-$ . Эти соединения взрывоопасны и могут храниться только при низких температурах.  $\text{KO}_3$ ,  $\text{RbO}_3$ , и  $\text{CsO}_3$  могут быть получены из соответствующих супероксидов:

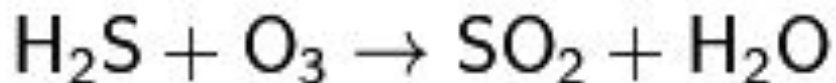


⊙ Взаимодействие с солями и кислотами

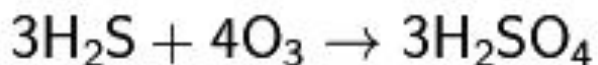
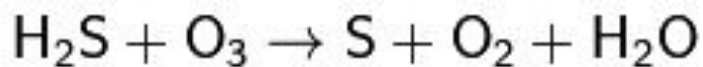
❖ Озон реагирует с сульфидами с образованием сульфатов:



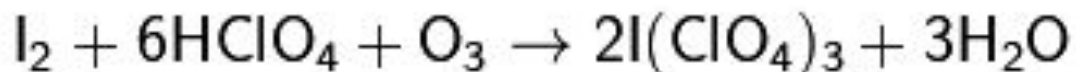
❖ В газовой фазе озон взаимодействует с сероводородом с образованием двуокиси серы:



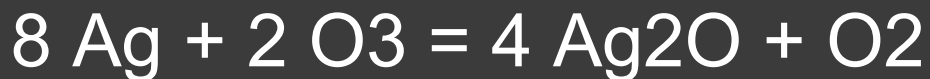
❖ В водном растворе проходят две конкурирующие реакции с сероводородом, одна с образованием элементарной серы, другая с образованием серной кислоты



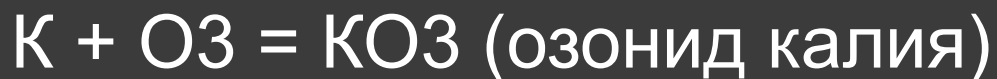
❖ Обработкой озоном раствора иода в холодной безводной хлорной кислоте может быть получен перхлорат иода(III):



- Малоактивные металлы легко окисляются озоном:



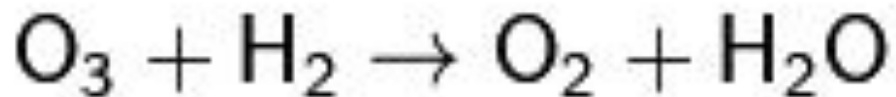
- Очень активные металлы отдают молекуле озона электрон без разрушения молекулы, превращая ее в озонид-ион:



- Озон не реагирует с аммониевыми солями, но реагирует с аммиаком с образованием нитрата аммония:

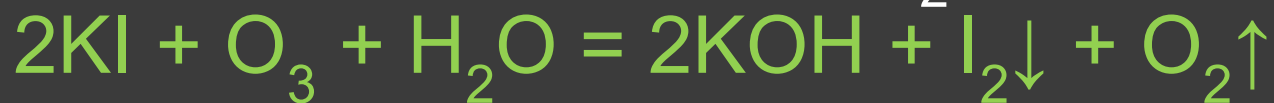


- Озон реагирует с водородом с образованием воды и кислорода:



◎ **Качественная реакция на озон  $O_3$ .**

- ❖ Взаимодействие озона с раствором иодидов с выпадением кристаллического иода  $I_2$  в осадок:



В отличие от озона кислород в данную реакцию не вступает.