

# ХРОМ и его соединения



# I. Исторические сведения

## II. Хром – химический элемент:

1. Положение хрома в периодической системе химических элементов Д.И.Менделеева

2. Строение атома.

3. Нахождение в природе

## III. Хром – простое вещество

1. Состав. Физические свойства.

2. Получение.

3. Химические свойства

4. Биологическая роль и физиологическое действие.

5. Применение

## IV. Соединения хрома

В 1766 году в окрестностях Екатеринбурга был обнаружен минерал, который получил название «сибирский красный свинец»,  $\text{PbCrO}_4$ . Современное название — крокоит.

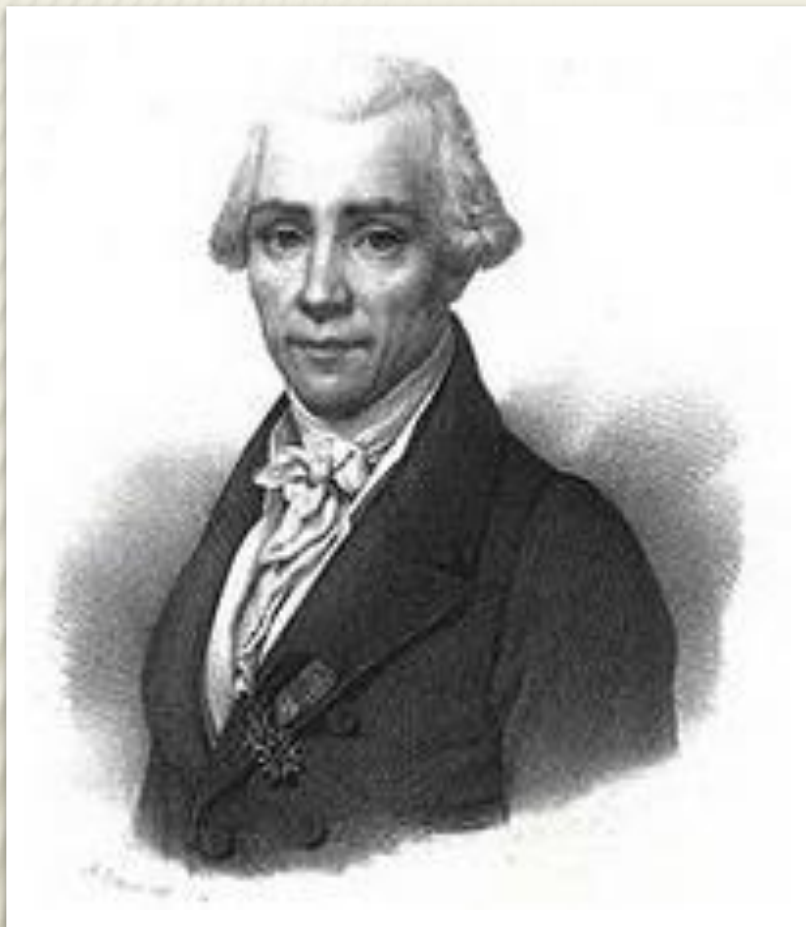


В 1797 французский химик Л. Н. Воклен открыл в сибирской красной свинцовой руде новый элемент хром и в 1798 году получил его в свободном состоянии.

### **Происхождение названия**

Название элемент получил от греч. χρῶμα — цвет, краска — из-за разнообразия окраски своих соединений.





Французский химик **Луи Николя Воклен** родился в Сент-Андре-д'Эберто (Нормандия). Совместно с А. Ф. Фуркруа выяснил (1799) химическую природу мочевины. Совместно с П. Ж. Робике открыл (1806) первую аминокислоту аспарагин. Открыл также пектин и яблочную кислоту, выделил камфорную и хинную кислоты.

Внёс существенный вклад в развитие анализа минералов. Создал школу химиков. Опубликовал одно из первых в мире руководств по химическому анализу – "Введение в аналитическую химию" (1799).

| Периоды                             | Ряды | Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В   |    |                                 |    |                                   |    |                                   |     |                                   |    |                                 |     |                                   |    |                                |                                 | Энергетический уровень         |    |
|-------------------------------------|------|---------------------------------|----|---------------------------------|----|-----------------------------------|----|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|----|---------------------------------|-----|-----------------------------------|----|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----|
|                                     |      | I                               |    | II                              |    | III                               |    | IV                                |     | V                                 |    | VI                              |     | VII                               |    | VIII                           |                                 |                                |    |
|                                     |      | а                               | б  | а                               | б  | а                                 | б  | а                                 | б   | а                                 | б  | а                               | б   | а                                 | б  | б                              |                                 |                                | а  |
| 1                                   | 1    | <b>H</b><br>водород<br>1,008    | 1  |                                 |    |                                   |    |                                   |     |                                   |    |                                 |     |                                   |    |                                |                                 | <b>He</b><br>гелий<br>4,003    | 2  |
| 2                                   | 2    | <b>Li</b><br>литий<br>6,941     | 3  | <b>Be</b><br>бериллий<br>9,0122 | 4  | <b>B</b><br>бор<br>10,811         | 5  | <b>C</b><br>углерод<br>12,011     | 6   | <b>N</b><br>азот<br>14,007        | 7  | <b>O</b><br>кислород<br>15,999  | 8   | <b>F</b><br>фтор<br>18,998        | 9  |                                |                                 | <b>Ne</b><br>неон<br>20,179    | 10 |
| 3                                   | 3    | <b>Na</b><br>натрий<br>22,99    | 11 | <b>Mg</b><br>магний<br>24,312   | 12 | <b>Al</b><br>алюминий<br>26,992   | 13 | <b>Si</b><br>кремний<br>28,086    | 14  | <b>P</b><br>фосфор<br>30,974      | 15 | <b>S</b><br>сера<br>32,064      | 16  | <b>Cl</b><br>хлор<br>35,453       | 17 |                                |                                 | <b>Ar</b><br>аргон<br>39,948   | 18 |
| 4                                   | 4    | <b>K</b><br>калий<br>39,102     | 19 | <b>Ca</b><br>кальций<br>40,08   | 20 | <b>Sc</b><br>скандий<br>44,956    |    | <b>Ti</b><br>титан<br>47,956      | 22  | <b>V</b><br>ванадий<br>50,941     |    | <b>Cr</b><br>хром<br>51,996     | 24  | <b>Mn</b><br>марганец<br>54,938   |    | <b>Fe</b><br>железо<br>55,848  | <b>Co</b><br>кобальт<br>58,933  | <b>Ni</b><br>никель<br>58,7    |    |
|                                     | 5    | <b>Cu</b><br>медь<br>63,546     |    | <b>Zn</b><br>цинк<br>65,37      | 30 | <b>Ga</b><br>галлий<br>69,72      |    | <b>Ge</b><br>германий<br>72,59    | 32  | <b>As</b><br>мышьяк<br>74,922     |    | <b>Se</b><br>селен<br>78,96     | 34  | <b>Br</b><br>бром<br>79,904       |    |                                |                                 | <b>Kr</b><br>криптон<br>83,8   | 36 |
| 5                                   | 6    | <b>Rb</b><br>рубидий<br>85,468  | 37 | <b>Sr</b><br>стронций<br>87,62  | 38 | <b>Y</b><br>иттрий<br>88,906      |    | <b>Zr</b><br>цирконий<br>91,22    | 40  | <b>Nb</b><br>ниобий<br>92,906     |    | <b>Mo</b><br>молибден<br>95,94  | 42  | <b>Tc</b><br>технеций<br>[99]     |    | <b>Ru</b><br>рутений<br>101,07 | <b>Rh</b><br>родий<br>102,906   | <b>Pd</b><br>палладий<br>106,4 |    |
|                                     | 7    | <b>Ag</b><br>серебро<br>107,868 |    | <b>Cd</b><br>кадмий<br>112,41   | 48 | <b>In</b><br>индий<br>114,82      |    | <b>Sn</b><br>олово<br>118,69      | 50  | <b>Sb</b><br>сурьма<br>121,75     |    | <b>Te</b><br>теллур<br>127,6    | 52  | <b>I</b><br>йод<br>126,905        |    |                                |                                 | <b>Xe</b><br>ксенон<br>131,3   | 54 |
| 6                                   | 8    | <b>Cs</b><br>цезий<br>132,905   | 55 | <b>Ba</b><br>барий<br>137,34    | 56 | <b>57–71</b><br>лантаноиды        |    | <b>Hf</b><br>гафний<br>178,49     | 72  | <b>Ta</b><br>тантал<br>180,948    |    | <b>W</b><br>вольфрам<br>183,85  | 74  | <b>Re</b><br>рений<br>186,207     |    | <b>Os</b><br>осмий<br>190,2    | <b>Ir</b><br>иридий<br>192,22   | <b>Pt</b><br>платина<br>195,09 |    |
|                                     | 9    | <b>Au</b><br>золото<br>196,967  |    | <b>Hg</b><br>ртуть<br>200,59    | 80 | <b>Tl</b><br>таллий<br>204,37     |    | <b>Pb</b><br>свинец<br>207,19     | 82  | <b>Bi</b><br>висмут<br>208,98     |    | <b>Po</b><br>полоний<br>[210]   | 84  | <b>At</b><br>астат<br>[210]       |    |                                |                                 | <b>Rn</b><br>радон<br>[222]    | 86 |
| 7                                   | 10   | <b>Fr</b><br>франций<br>[223]   | 87 | <b>Ra</b><br>радий<br>[226]     | 88 | <b>89–103</b><br>актиноиды        |    | <b>Rf</b><br>резерфордий<br>[261] | 104 | <b>Db</b><br>дубний<br>[262]      |    | <b>Sg</b><br>сигборгий<br>[263] | 106 | <b>Bh</b><br>борий<br>[262]       |    | <b>Hn</b><br>ханей<br>[265]    | <b>Mt</b><br>мейтнерий<br>[266] | 110                            |    |
| ВЫСШИЕ<br>ОКСИДЫ                    |      | <b>R<sub>2</sub>O</b>           |    | <b>RO</b>                       |    | <b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> |    | <b>RO<sub>2</sub></b>             |     | <b>R<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> |    | <b>RO<sub>3</sub></b>           |     | <b>R<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b> |    | <b>RO<sub>4</sub></b>          |                                 |                                |    |
| ЛЕТУЧИЕ<br>ВОДОРОДНЫЕ<br>СОЕДИНЕНИЯ |      |                                 |    |                                 |    |                                   |    | <b>RH<sub>4</sub></b>             |     | <b>RH<sub>3</sub></b>             |    | <b>H<sub>2</sub>R</b>           |     | <b>HR</b>                         |    |                                |                                 |                                |    |

### Л А Н Т А Н О И Д Ы

|                                   |                                 |                                      |                                  |                                   |                                  |                                   |                                     |                                   |                                    |                                   |                                 |                                  |                                    |                                    |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 57 <b>La</b><br>лантан<br>138,906 | 58 <b>Ce</b><br>церий<br>140,12 | 59 <b>Pr</b><br>празеодим<br>140,908 | 60 <b>Nd</b><br>неодим<br>144,24 | 61 <b>Pm</b><br>прометий<br>[145] | 62 <b>Sm</b><br>самарий<br>150,4 | 63 <b>Eu</b><br>европий<br>151,96 | 64 <b>Gd</b><br>гадолиний<br>157,25 | 65 <b>Tb</b><br>тербий<br>158,926 | 66 <b>Dy</b><br>диспрозий<br>162,5 | 67 <b>Ho</b><br>гольмий<br>164,93 | 68 <b>Er</b><br>эрбий<br>167,26 | 69 <b>Tm</b><br>тулий<br>168,934 | 70 <b>Yb</b><br>иттербий<br>173,04 | 71 <b>Lu</b><br>лютеций<br>174,967 |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|

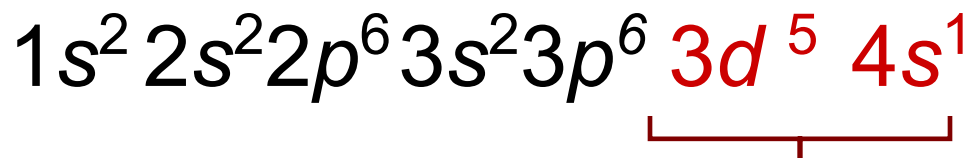
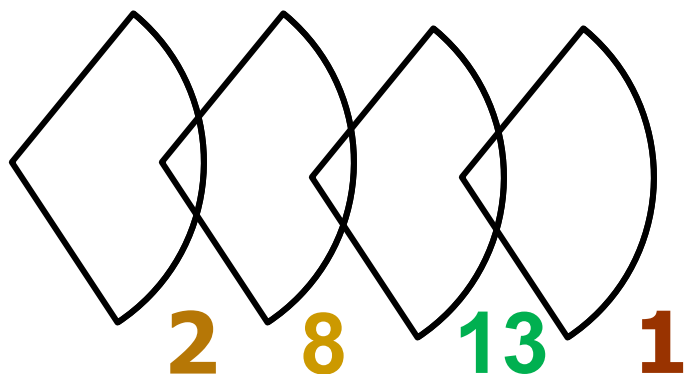
### А К Т И Н О И Д Ы

|                                  |                                  |                                      |                                |                                   |                                   |                                  |                               |                                  |                                     |                                       |                                  |                                      |                                   |                                     |
|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 89 <b>Ac</b><br>актиний<br>[227] | 90 <b>Th</b><br>торий<br>232,038 | 91 <b>Pa</b><br>протактиний<br>[231] | 92 <b>U</b><br>уран<br>238,029 | 93 <b>Np</b><br>нептуний<br>[237] | 94 <b>Pu</b><br>плутоний<br>[244] | 95 <b>Am</b><br>амерций<br>[243] | 96 <b>Cm</b><br>юрий<br>[247] | 97 <b>Bk</b><br>берклий<br>[247] | 98 <b>Cf</b><br>калifornий<br>[251] | 99 <b>Es</b><br>эйзенштейний<br>[254] | 100 <b>Fm</b><br>фермий<br>[257] | 101 <b>Md</b><br>менделевий<br>[258] | 102 <b>No</b><br>нобелий<br>[259] | 103 <b>Lr</b><br>лоуренсий<br>[262] |
|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|

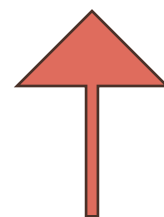
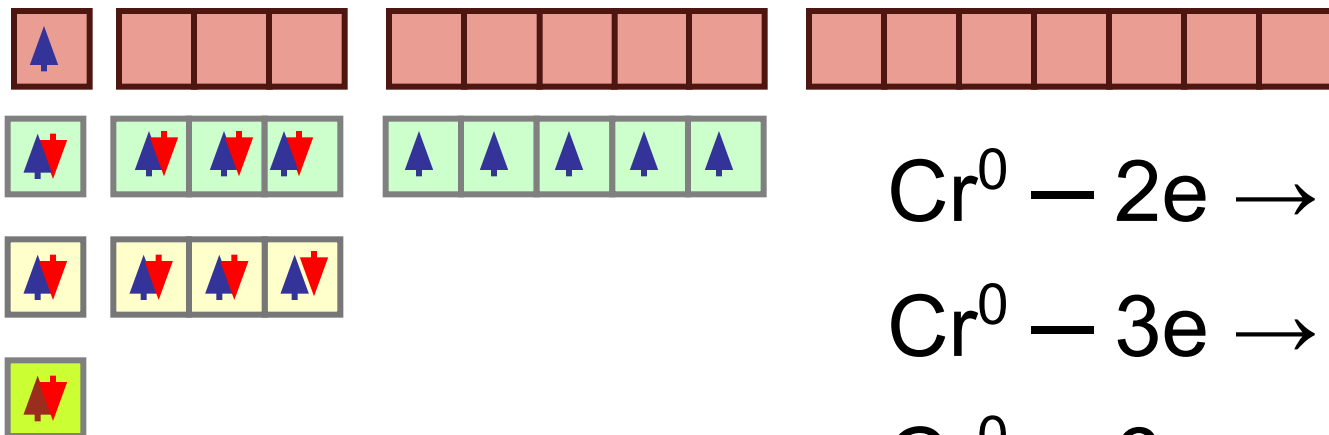


# Положение хрома в ПСХЭ Д.И. Менделеева. Структура атома.

|    |        | порядковый номер | период | группа |
|----|--------|------------------|--------|--------|
| Cr | металл | +24              | 4      | VIB    |

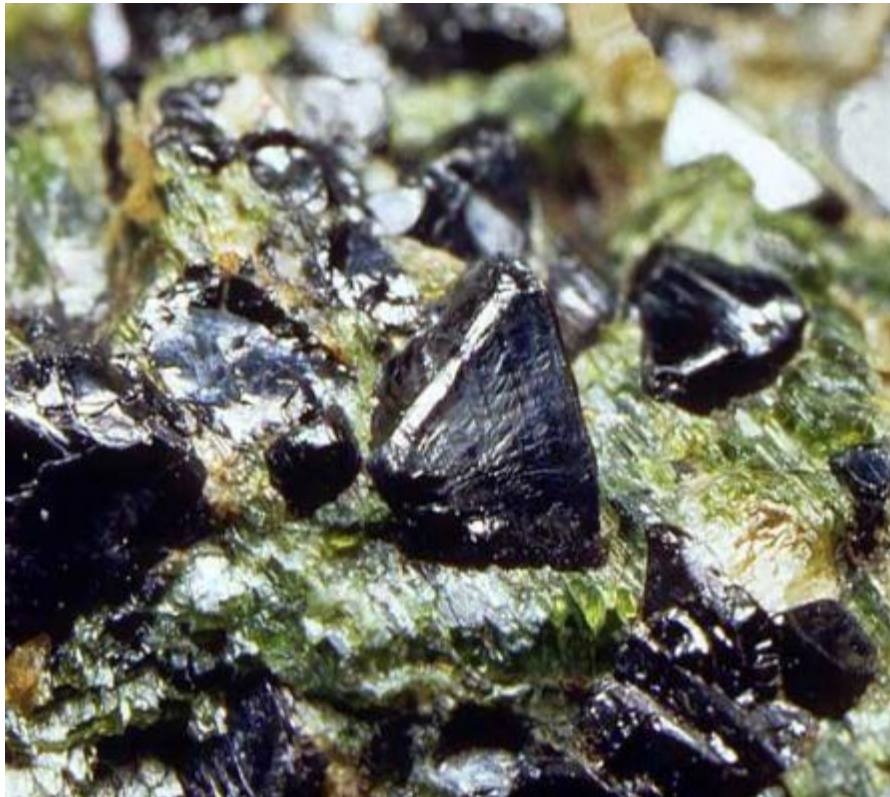


валентные электроны



# Нахождение хрома в природе

Хром является довольно распространённым элементом (0,02 масс. долей, %). Основные соединения хрома — хромистый железняк (хромит)  $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ . Вторым по значимости минералом является крокоит  $\text{PbCrO}_4$ .



хромит



крокоит



## Физические свойства

В свободном виде — голубовато- белый металл.

Хром (с примесями) является одним из самых твердых металлов.

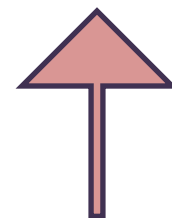
Очень чистый хром достаточно хорошо поддается механической обработке, пластичен.

Устойчив на воздухе. При 2000 °С сгорает с образованием зелёного оксида хрома (III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

Плотность 7,19 г/см<sup>3</sup>;

$t_{\text{плавления}}$  1890°С;

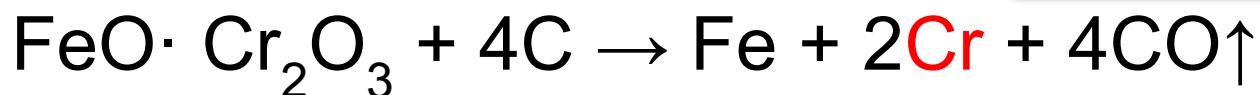
$t_{\text{кипения}}$  2480°С.



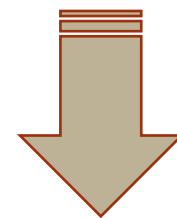


# Получение

Из хромистого железняка  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$  (хромита железа) получают феррохром восстановлением в электропечах коксом (углеродом):

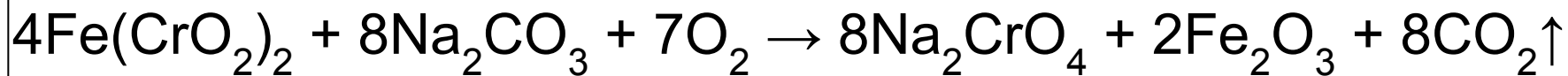


**Феррохром** — сплав железа и хрома (около 60% ),  
основные примеси – углерод (до 5%),  
кремний (до 8%), сера (до 0,05 %),  
фосфор (до 0,05 %).  
Феррохром применяют для  
производства легированных  
сталей.



**Чтобы получить чистый хром, реакцию ведут следующим образом:**

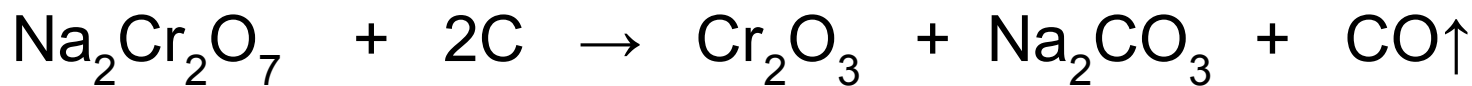
1) сплавляют хромит железа с карбонатом натрия (кальцинированная сода) на воздухе:



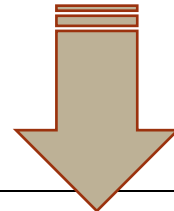
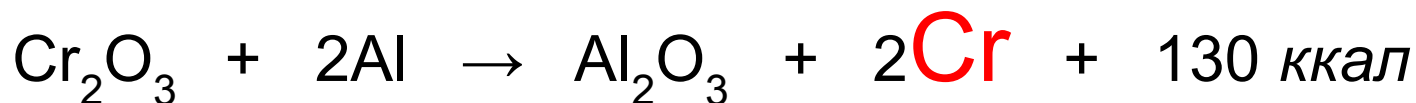
2) растворяют хромат натрия и отделяют его от оксида железа;

3) переводят хромат в дихромат, подкисляя раствор и выкристаллизовывая дихромат;

4) получают чистый оксид хрома восстановлением дихромата углём:

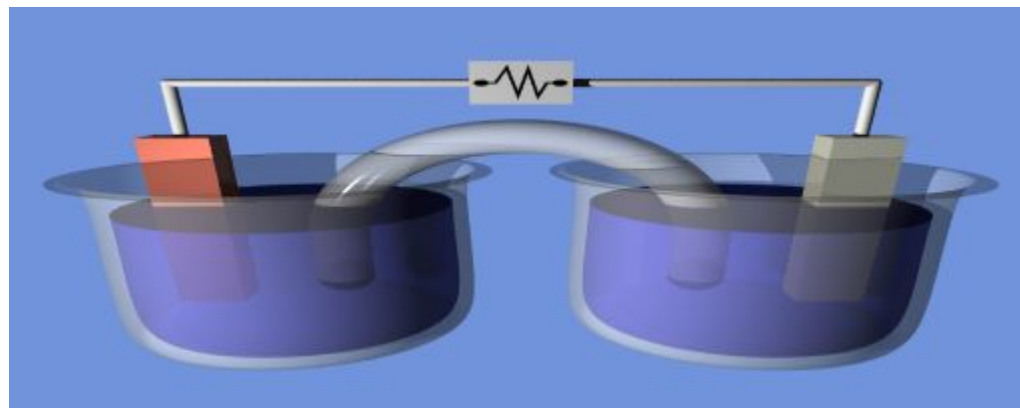
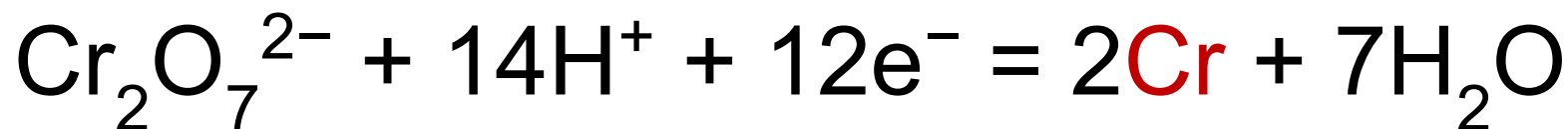


5) с помощью алюминотермии получают металлический хром:



С помощью электролиза получают электролитический хром из раствора хромового ангидрида в воде, содержащего добавку серной кислоты. При этом на катодах совершаются в основном 3 процесса:

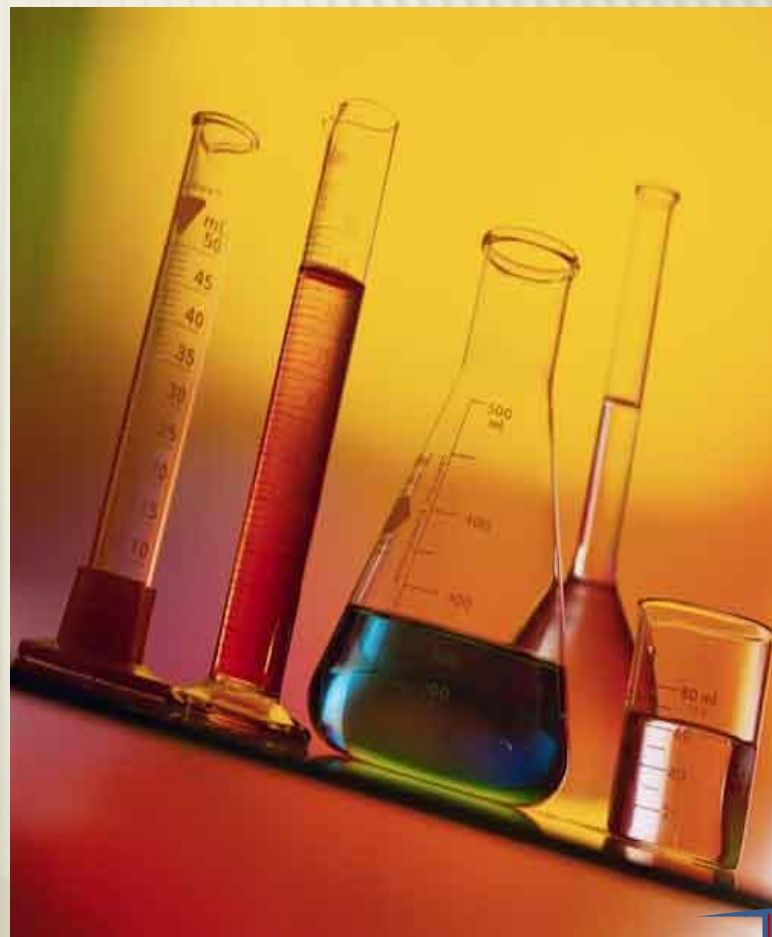
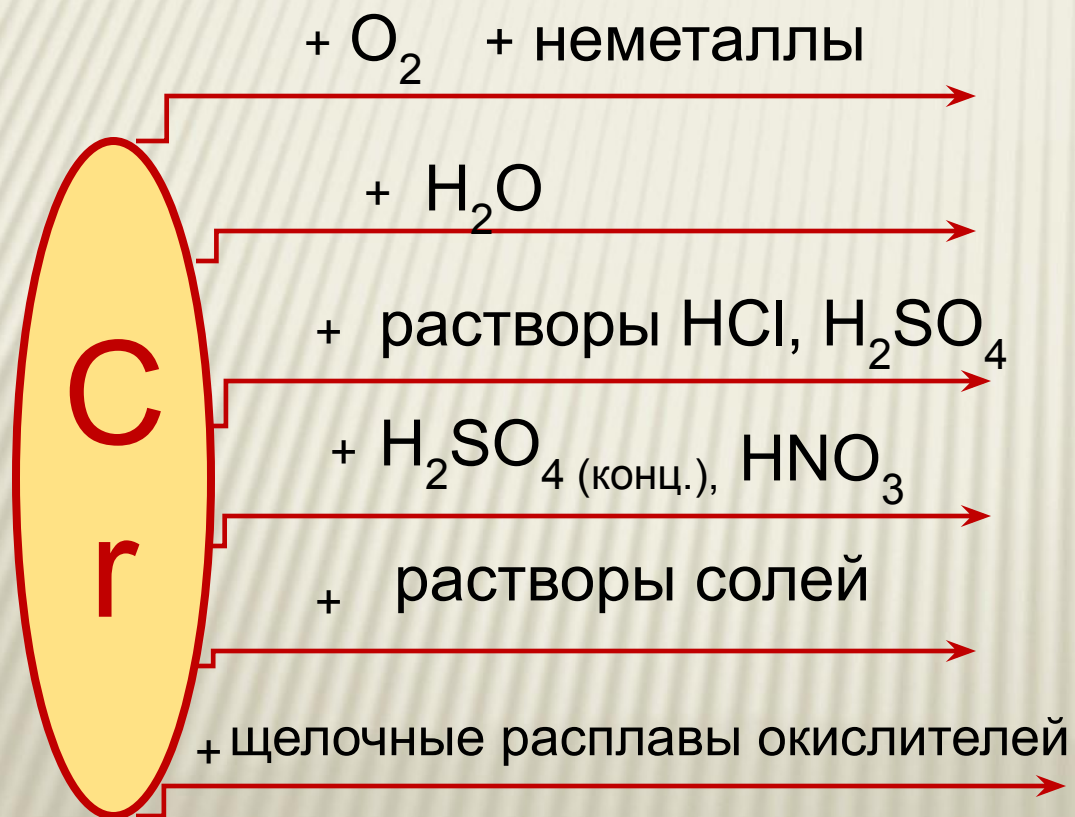
- 1) восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного с переходом его в раствор;
- 2) разряд ионов водорода с выделением газообразного водорода;
- 3) разряд ионов, содержащих шестивалентный хром с осаждением металлического хрома;





# Химические свойства

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, **Cr**, Fe, Co, Sn, Pb,  $H_2$ , Cu, Hg, Ag, Au



При комнатной температуре хром химически мало активен из-за образования на его поверхности тонкой прочной оксидной пленки.

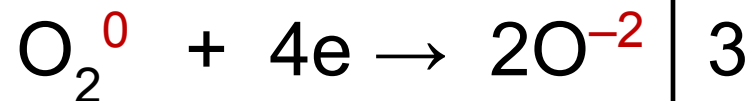
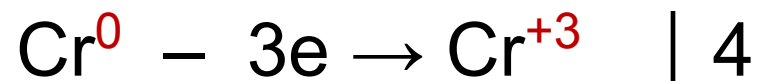
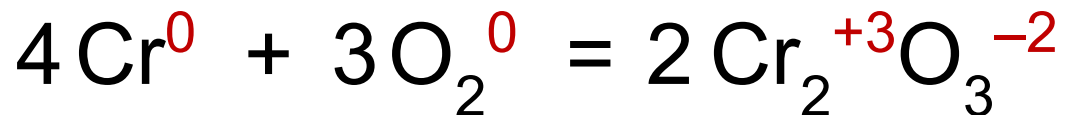
При нагревании оксидная пленка хрома разрушается, и он реагирует практически со всеми **неметаллами**, например:

*кислородом, галогенами, азотом, серой.*

Составьте уравнения реакций хрома с перечисленными неметаллами.

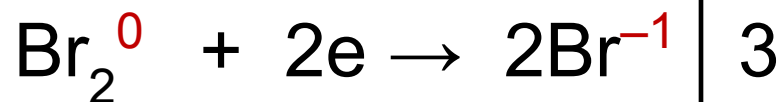
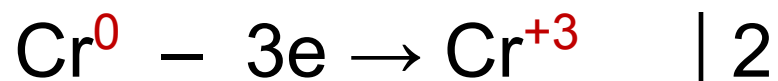
Рассмотрите данные реакции как окислительно-восстановительные.





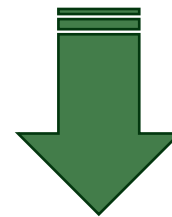
$\text{Cr}^0$  — восстановитель, процесс окисления

$\text{O}_2^0$  — окислитель, процесс восстановления

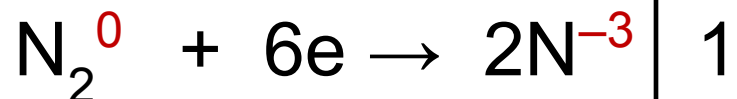
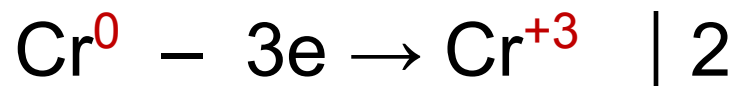


$\text{Cr}^0$  — восстановитель, процесс окисления

$\text{Br}_2^0$  — окислитель, процесс восстановления

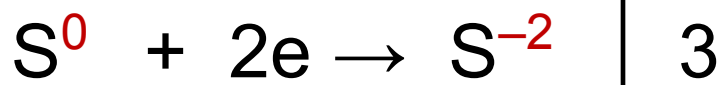
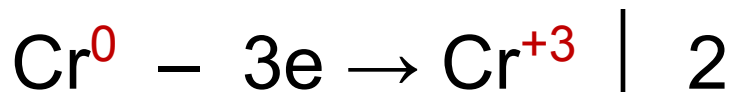
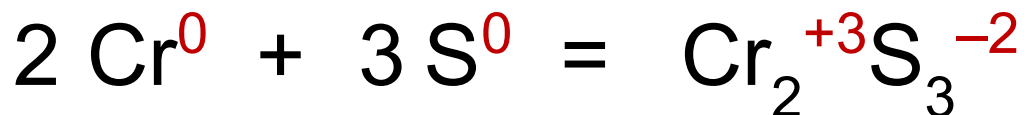






$\text{Cr}^0$  – восстановитель, процесс окисления

$\text{N}_2^0$  – окислитель, процесс восстановления



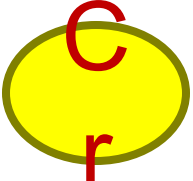
$\text{Cr}^0$  – восстановитель, процесс окисления

$\text{S}^0$  – окислитель, процесс восстановления



В *раскаленном состоянии* хром реагирует с парами воды:



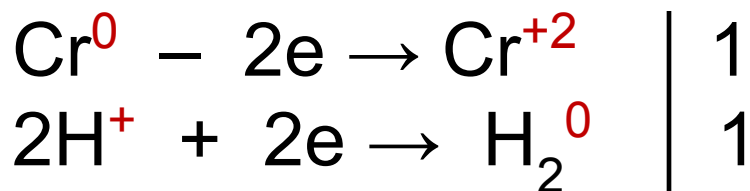
Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn,  Fe, Co, Sn, Pb,  $\text{H}_2$ , Cu, Hg, Ag, Au

В ряду напряжений хром находится левее водорода и поэтому в отсутствии воздуха может вытеснять водород из растворов соляной и серной кислот, образуя соли хрома (II).

Составьте уравнения реакций хрома с растворами соляной и серной кислот.

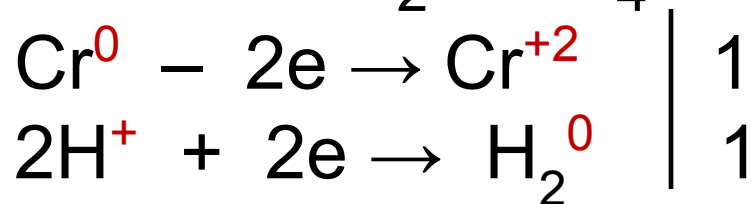
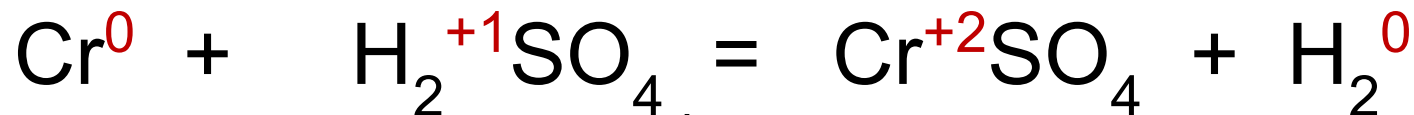
Рассмотрите данные реакции как окислительно-восстановительные.





$\text{Cr}^0$  — восстановитель, процесс окисления

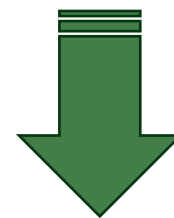
$\text{HCl}$  (за счет  $\text{H}^{+1}$ ) — окислитель, процесс восстановления



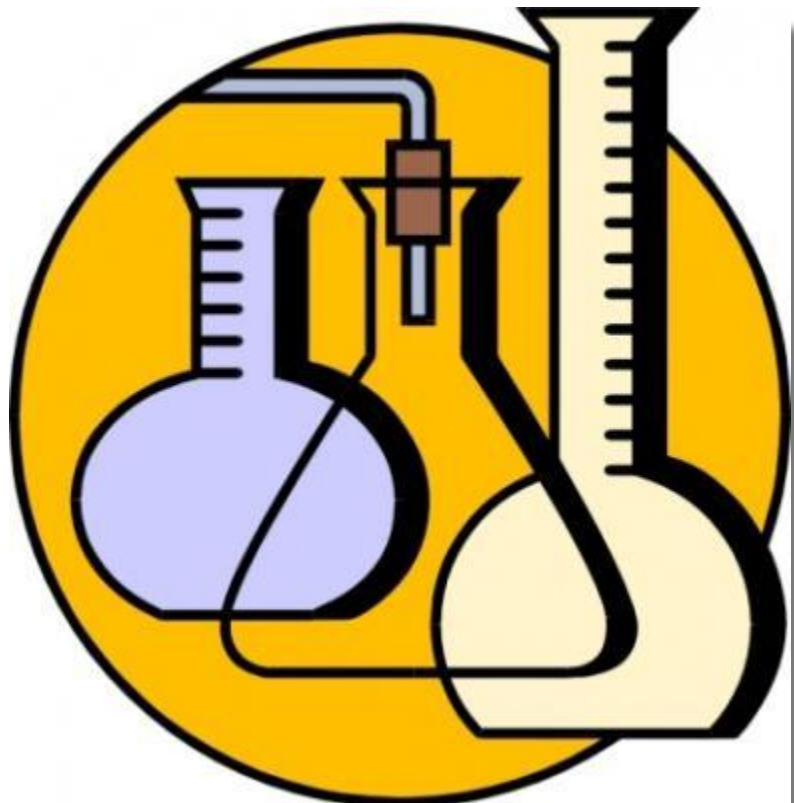
$\text{Cr}^0$  — восстановитель, процесс окисления

$\text{H}_2\text{SO}_4$  (за счет  $\text{H}^{+1}$ ) — окислитель,

процесс восстановления

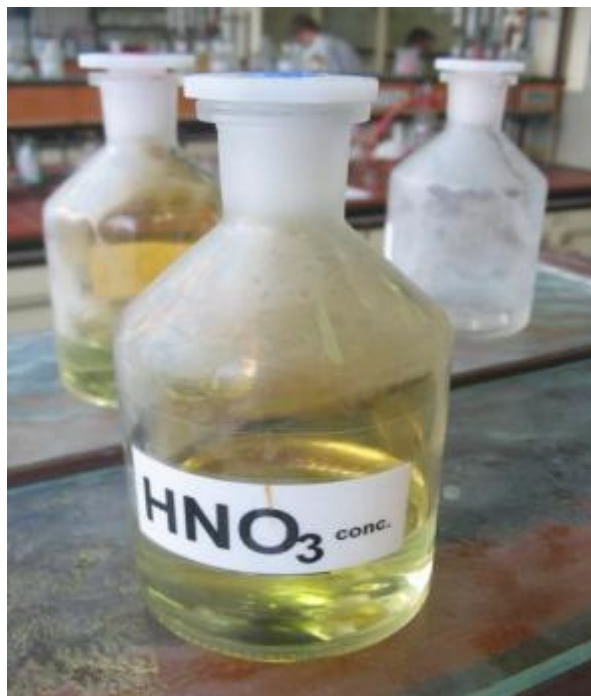






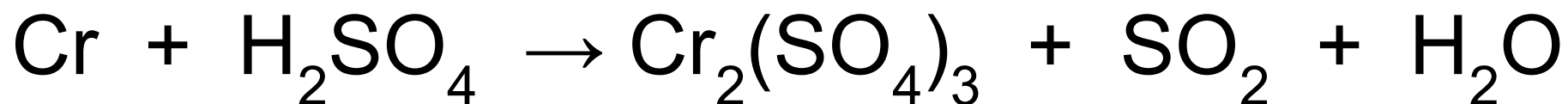
В присутствии кислорода  
хром реагирует с растворами  
кислот с образованием  
**солей хрома (III)**





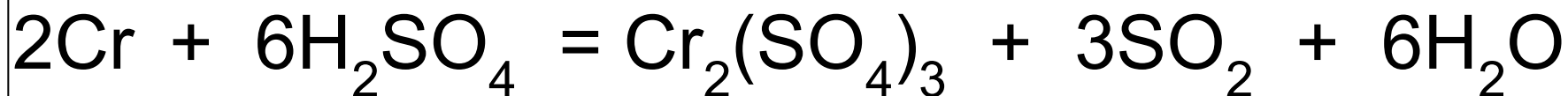
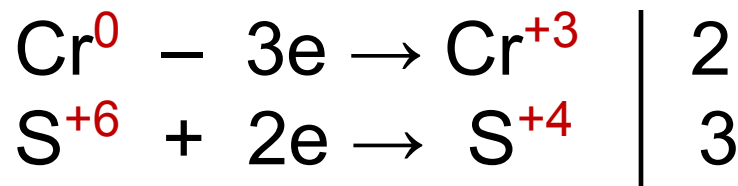
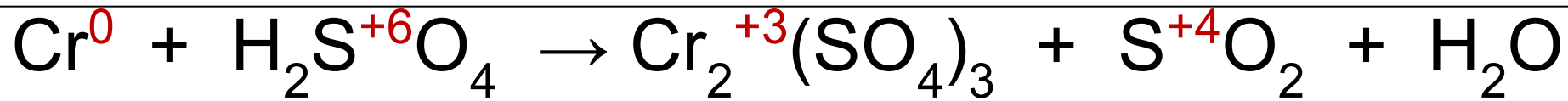
Концентрированные серная и азотная кислоты на холоду *пассивируют* хром

*При сильном нагревании* кислоты растворяют хром с образованием солей хрома (III)



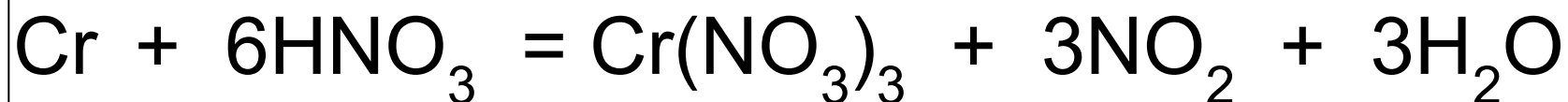
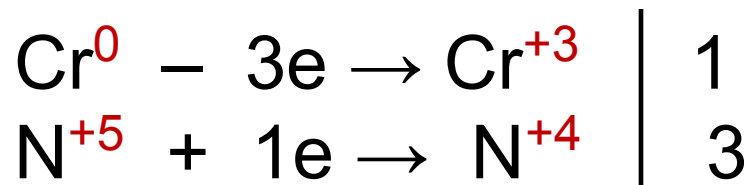
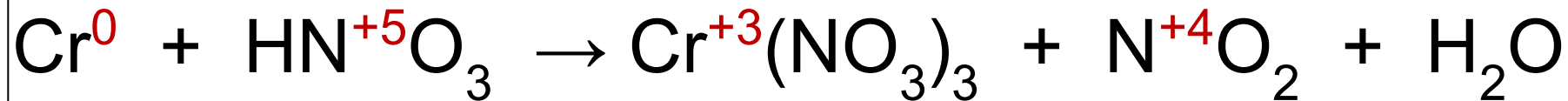
Рассмотрите эти реакции как окислительно-восстановительные.  
Расставьте коэффициенты.  
Назовите окислитель и восстановитель.





$\text{Cr}^0$  – восстановитель, процесс окисления

$\text{H}_2\text{SO}_4$  (за счет  $\text{S}^{+6}$ ) – окислитель, процесс восстановления



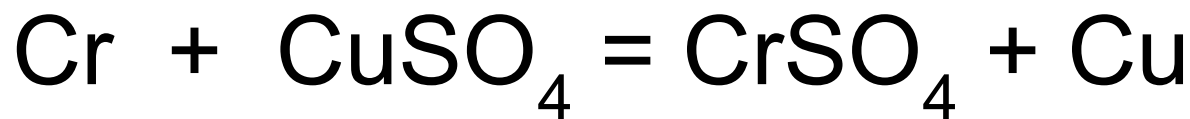
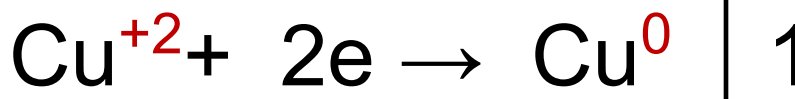
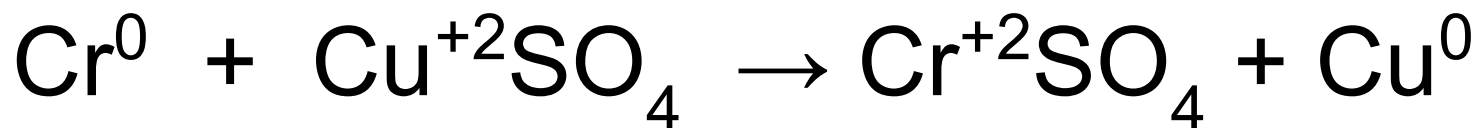
$\text{Cr}^0$  – восстановитель, процесс окисления

$\text{HNO}_3$  (за счет  $\text{N}^{+5}$ ) – окислитель, процесс восстановления



Хром способен вытеснять многие металлы, например медь, олово, серебро и другие, из растворов их солей:

Составьте уравнение реакции хрома с раствором сульфата меди (II). Рассмотрите данную реакцию как окислительно-восстановительную.



$\text{Cr}^0$  — восстановитель, процесс окисления

$\text{CuSO}_4$  (за счет  $\text{Cu}^{+2}$ ) — окислитель, процесс

восстановления

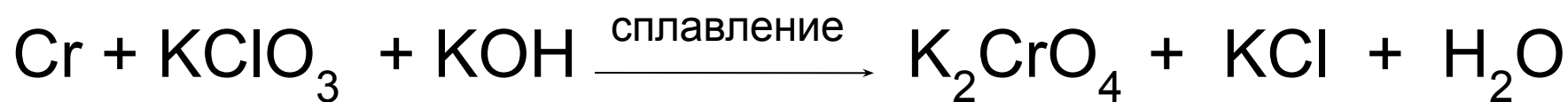




Растворы щелочей на хром практически не действуют.  
Хром реагирует с щелочными расплавами окислителей.

В качестве окислителей используют нитраты натрия, калия, хлорат калия и другие окислители.

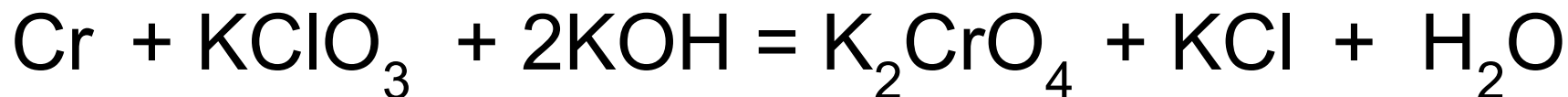
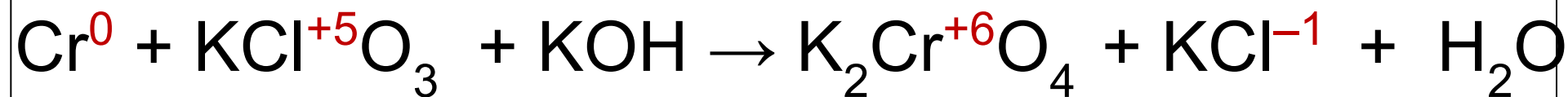
При взаимодействии с щелочными расплавами окислителей хром образует соли анионного типа, в которых проявляет высшую степень окисления.



Рассмотрите эту реакцию как окислительно-восстановительную.  
Расставьте коэффициенты.

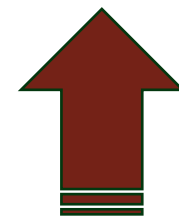
Назовите окислитель и восстановитель.





$\text{Cr}^0$  – восстановитель, процесс окисление

$\text{KClO}_3$  (за счет  $\text{Cl}^{+5}$ ) – окислитель, процесс восстановления



**Хром** - постоянная составная часть растительных и животных организмов. В крови содержится от 0,012 до 0,0035 % хрома. Хром имеет большое значение в метаболизме углеводов и жиров, а также участвует в процессе синтеза инсулина. Важнейшая его биологическая роль состоит в регуляции углеводного обмена и уровня глюкозы в крови. Элемент способствует нормальному формированию и росту детского организма. Снижение содержания хрома в пище и крови приводит к уменьшению скорости роста, увеличению холестерина в крови.



**Хром** важный компонент во многих легированных сталях. Используется в качестве износостойчивых и красивых гальванических покрытий (хромирование)  
Хром применяется для производства сплавов: хром-30 и хром-90, незаменимых для производства сопел мощных плазмотронов и в авиакосмической промышленности.



# Соединения хрома

## Соединения хрома (II)

оксид

гидроксид

соли

## Соединения хрома (III)

оксид

гидроксид

соли

## Соединения хрома (VI)

оксид

гидроксид

соли





# Соединения хрома (II)



Оксид хрома (II) – кристаллы черного цвета, имеет *основный характер*

При осторожном нагревании гидроксида хрома (II) в отсутствии кислорода получают оксид хрома (II). Составьте уравнение реакции.

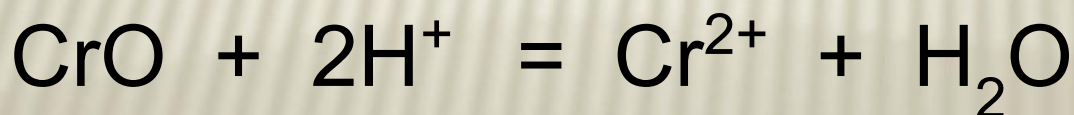
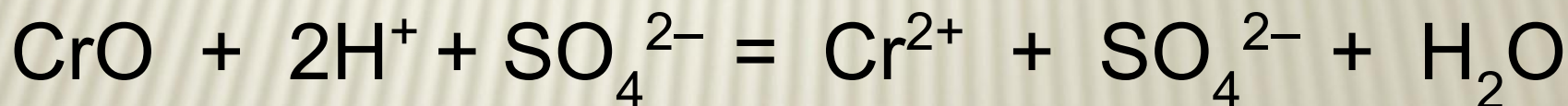
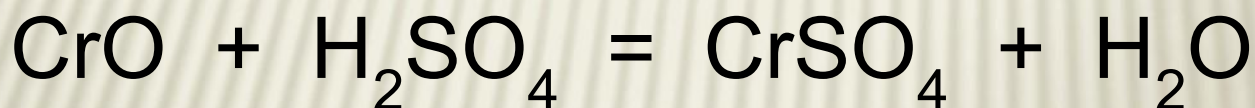
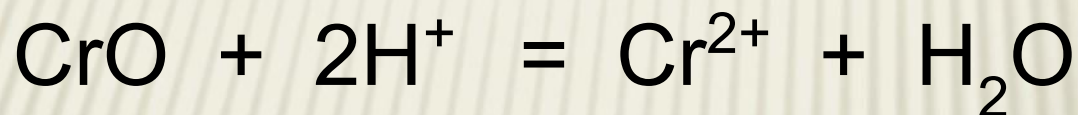
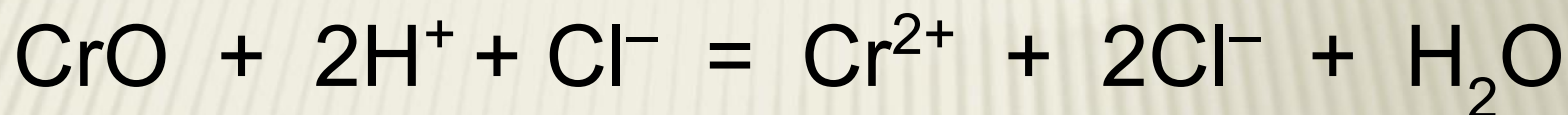


При более высоких температурах оксид хрома (II) диспропорционирует:



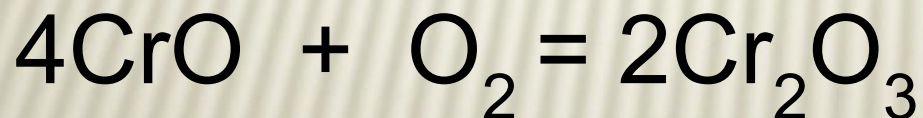
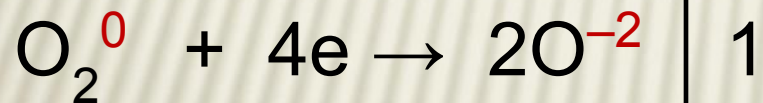
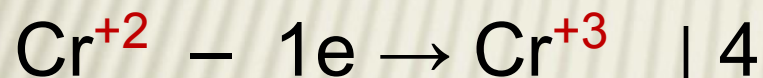
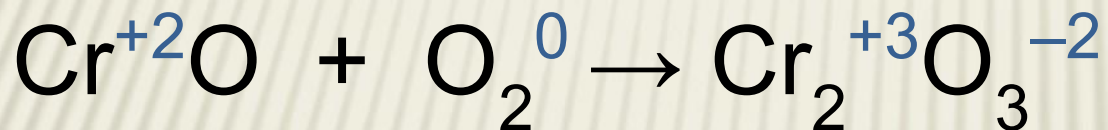
Составьте уравнение реакции оксида хрома (II) с соляной и серной кислотами. Рассмотрите реакции с точки зрения ТЕД.

---

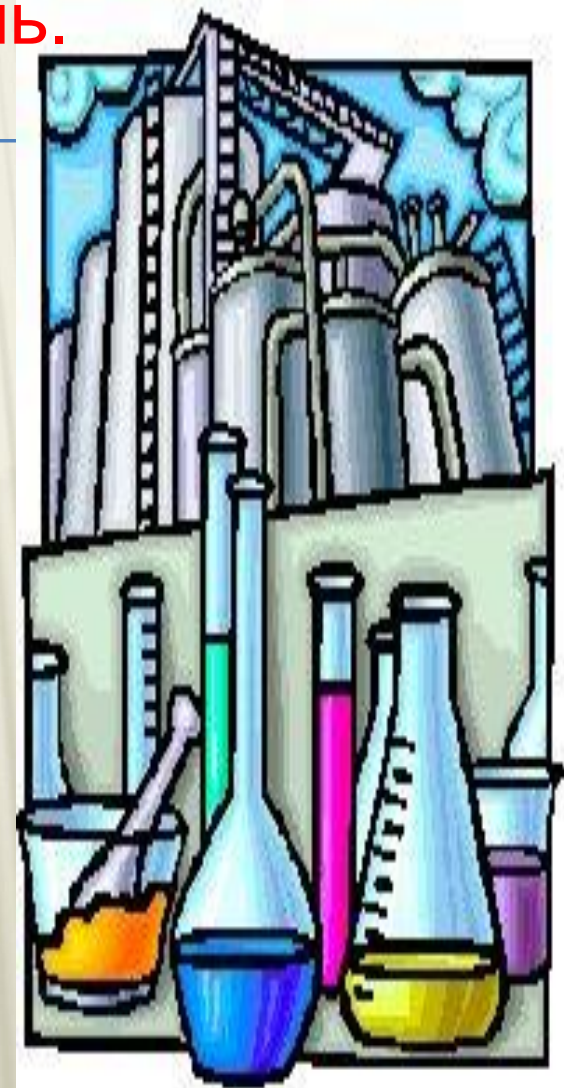


Оксид хрома (II) – сильный **восстановитель**.  
Кислородом воздуха окисляется до оксида хрома (III)

Составьте уравнение реакции.  
Рассмотрите данную реакцию  
как окислительно-восстановительную.

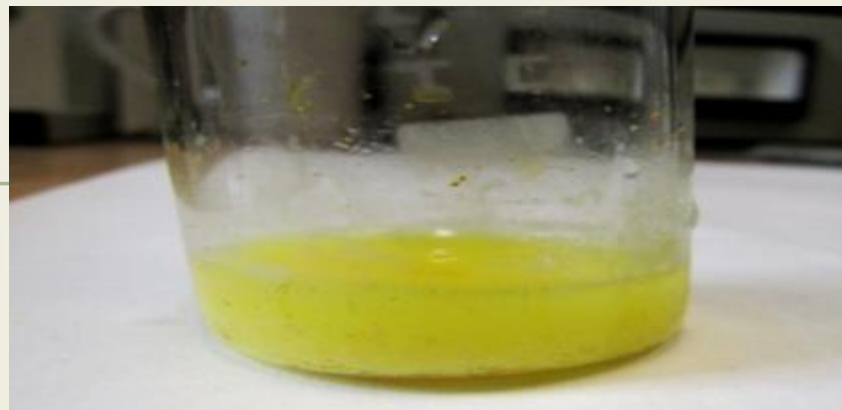


CrO (за счет  $\text{Cr}^{+2}$ ) – восстановитель, процесс окисления  
 $\text{O}_2$  – окислитель, процесс восстановления



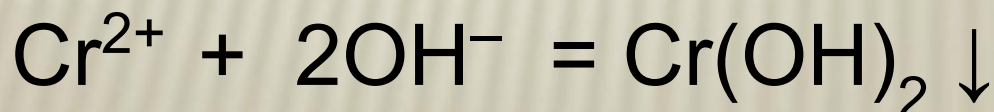
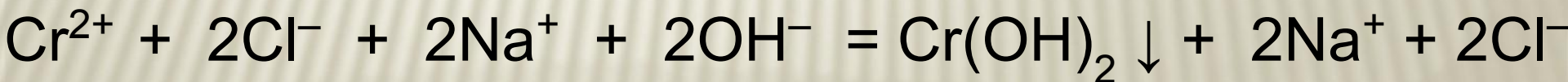
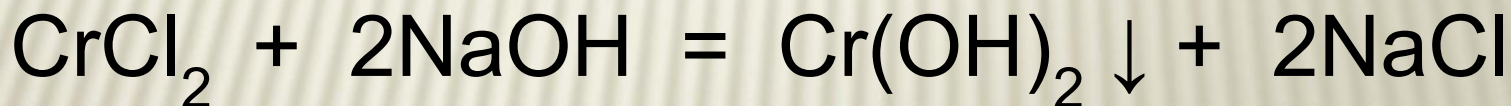


## Гидроксид хрома (II)



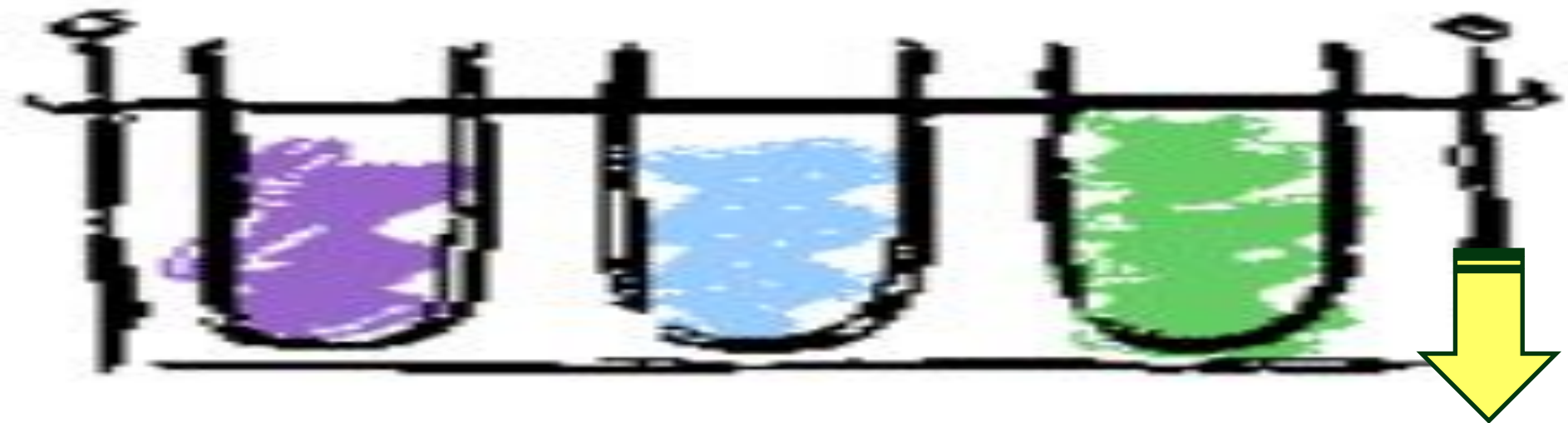
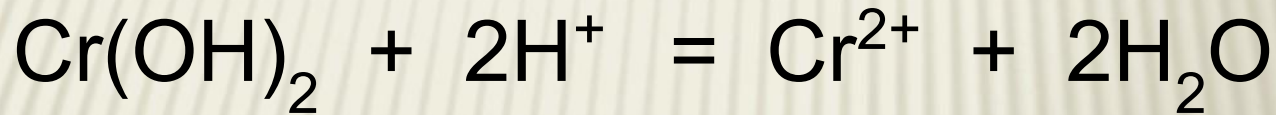
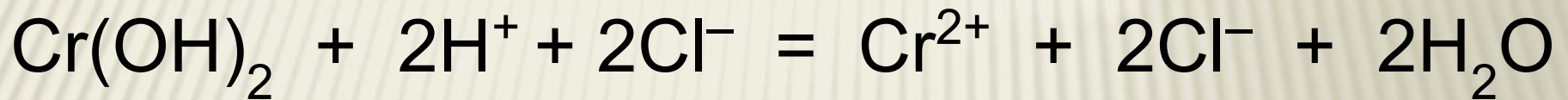
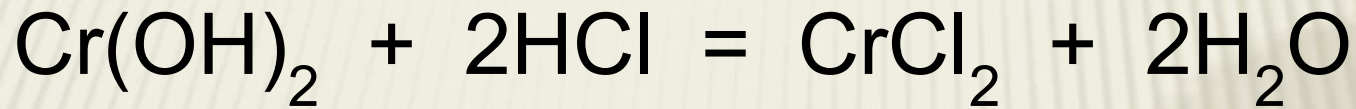
Гидроксид хрома (II) получают в виде желтого осадка действием растворов щелочей на соли хрома (II) *без доступа воздуха*.

Составьте уравнение реакции получения гидроксида хрома (II) действием гидроксида натрия на хлорид хрома (II). Рассмотрите реакцию с точки зрения ТЕД.



Гидроксид хрома (II) обладает **ОСНОВНЫМИ СВОЙСТВАМИ**.

Составьте уравнение реакции гидроксида хрома (II) с соляной кислотой. Рассмотрите реакцию с точки зрения ТЕД

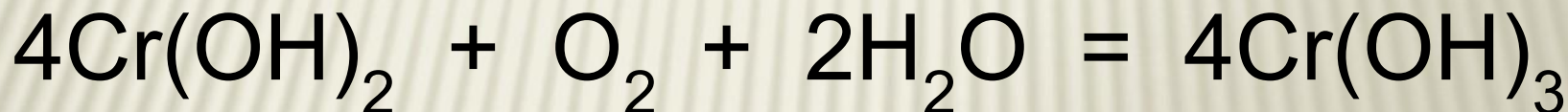
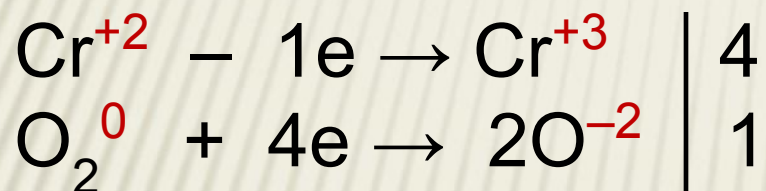
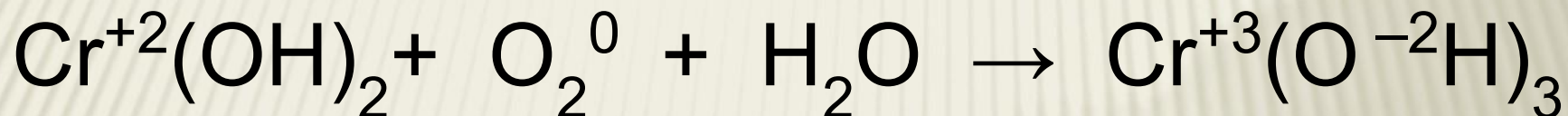




Гидроксид хрома (II) – сильный **ВОССТАНОВИТЕЛЬ**.

Кислородом воздуха окисляется до гидроксида хрома (III)

Составьте уравнение реакции. Рассмотрите данную реакцию как окислительно-восстановительную.



$\text{Cr}(\text{OH})_2$  (за счет  $\text{Cr}^{+2}$ ) –восстановитель, процесс окисления  
 $\text{O}_2$  – окислитель, процесс восстановления



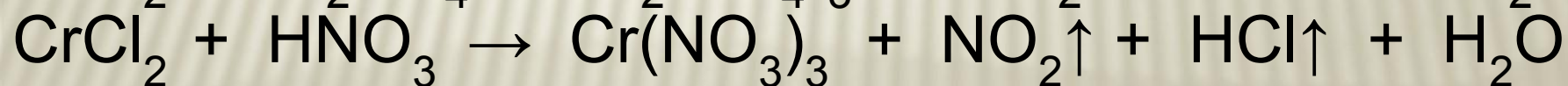
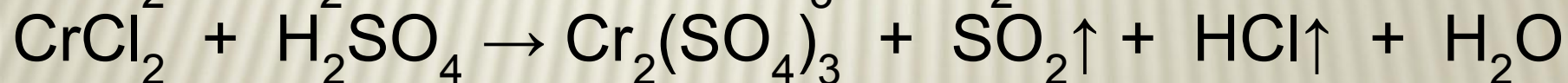
# Соли хрома (II)

Водные растворы солей хрома (II) получают без доступа воздуха растворением металлического хрома в разбавленных кислотах в атмосфере водорода или восстановлением цинком в кислой среде солей трехвалентного хрома.

Безводные соли хрома (II) белого цвета, а водные растворы и кристаллогидраты — синего цвета.

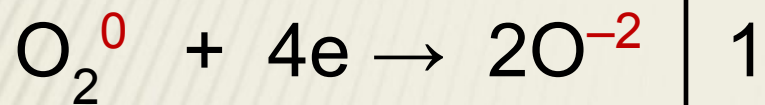
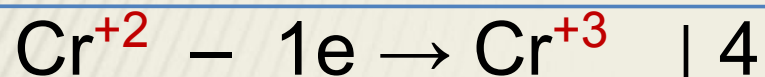
Соединения хрома (II) – **сильные восстановители**. Легко окисляются. Именно поэтому очень трудно получать и хранить соединения двухвалентного хрома.

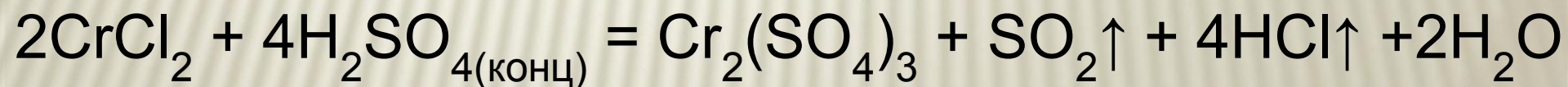
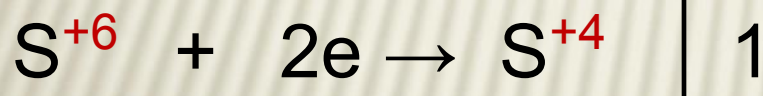
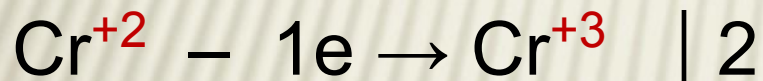
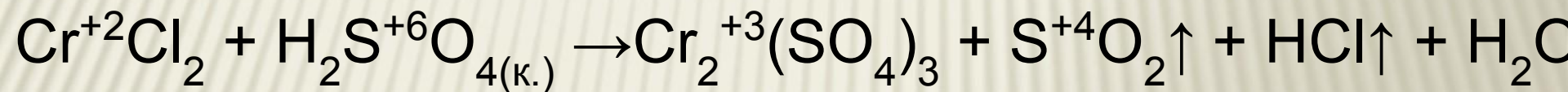
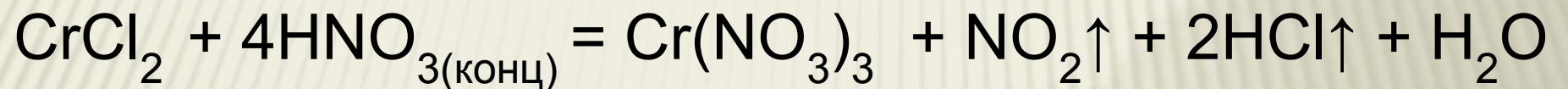
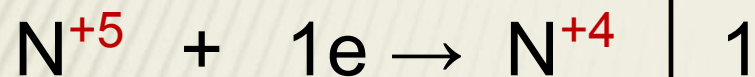
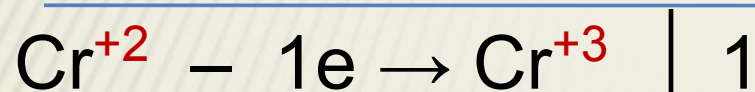
Реагируют с концентрированными серной и азотной кислотами:



Рассмотрите эти реакции как окислительно-восстановительные. Расставьте коэффициенты..

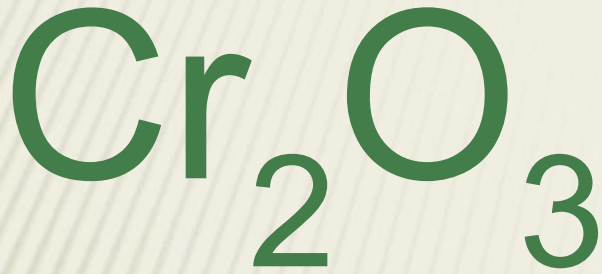








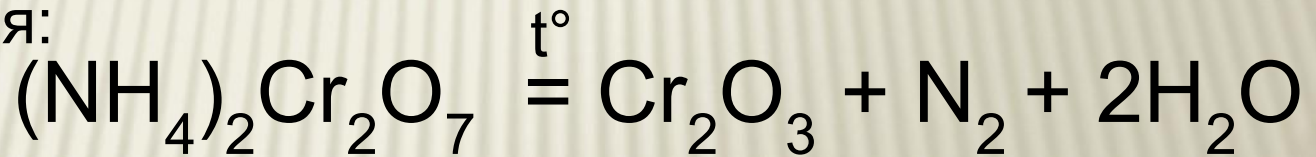
# Соединения хрома (III)



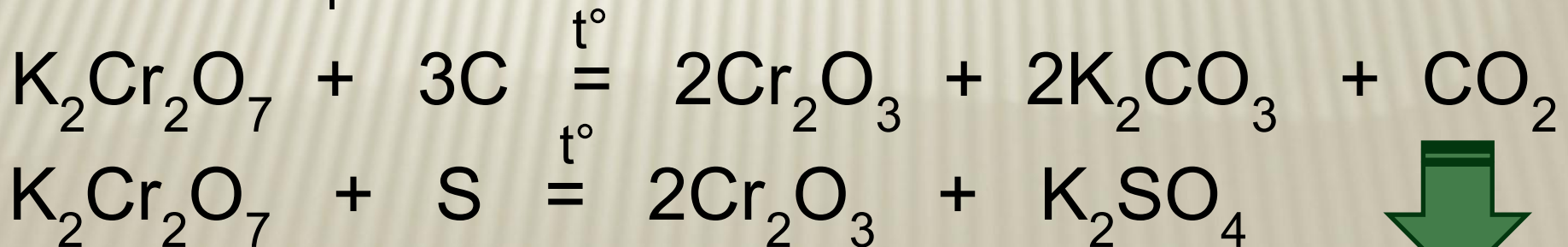
Оксид хрома (III) – тугоплавкий порошок темно-зеленого цвета.

**Получение.**

В лабораторных условиях термическим разложением дихромата аммония:



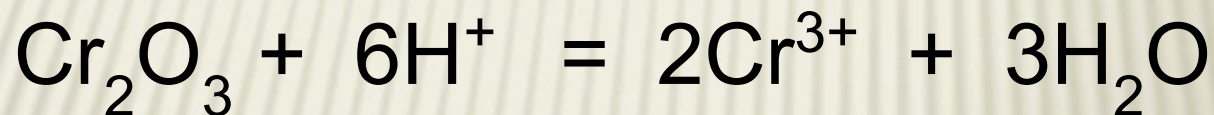
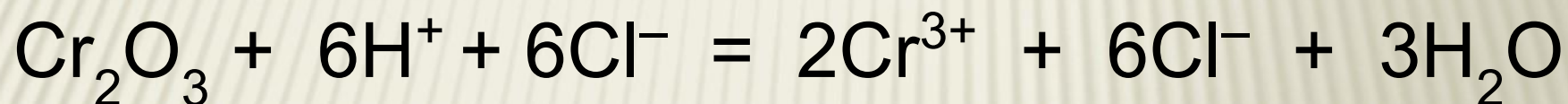
В промышленности восстановлением дихромата калия коксом или серой:



Оксид хрома (III) обладает **амфотерными** свойствами

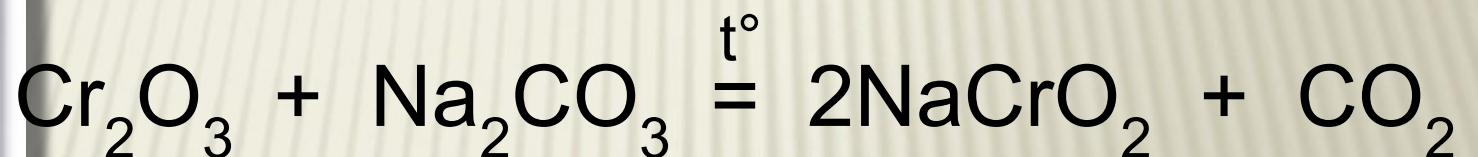
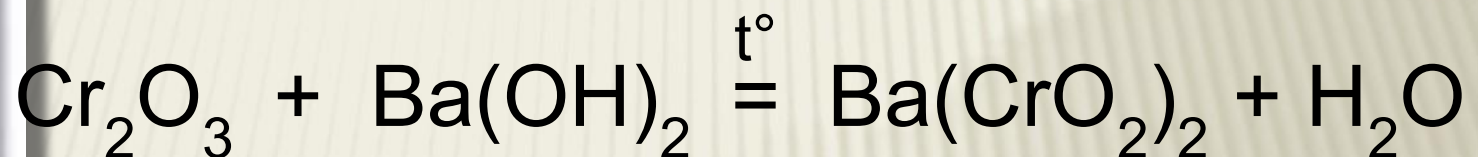
При взаимодействии с кислотами образуются соли хрома (III):

Составьте уравнение реакции оксида хрома (III) с соляной кислотой. Рассмотрите реакцию с точки зрения ТЕД.





При сплавлении оксида хрома (III) с оксидами, гидроксидами и карбонатами щелочных и щелочноземельных металлов образуются хроматы (III) (хромиты):

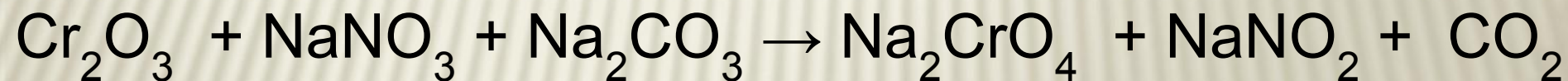
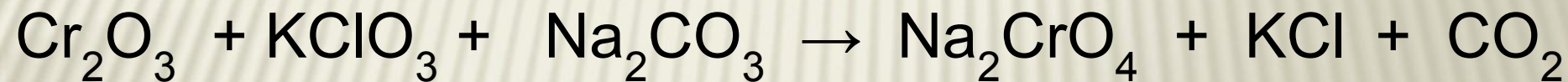
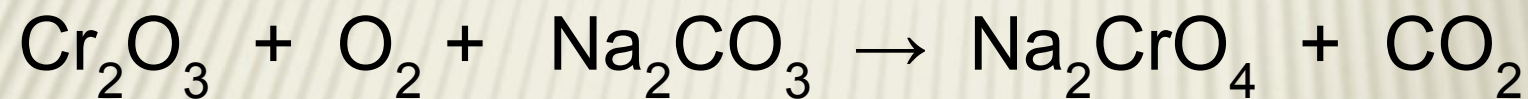
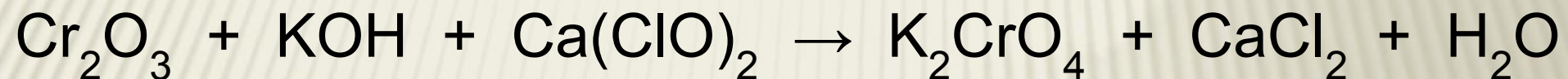
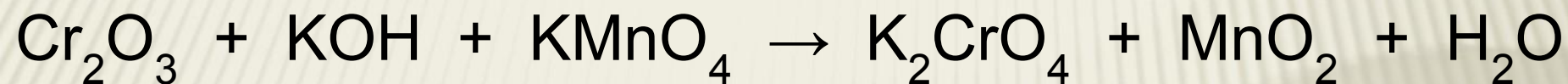


Оксид хрома (III) нерастворим в воде.



В окислительно-восстановительных реакциях оксид хрома (III) ведет себя как восстановитель:

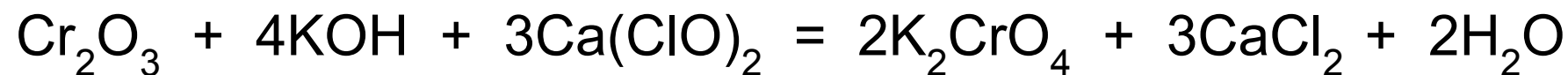
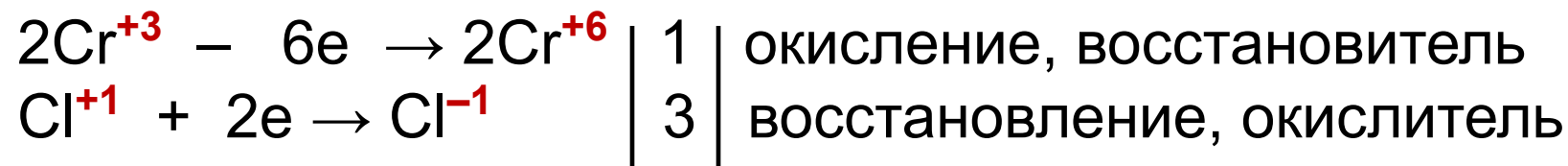
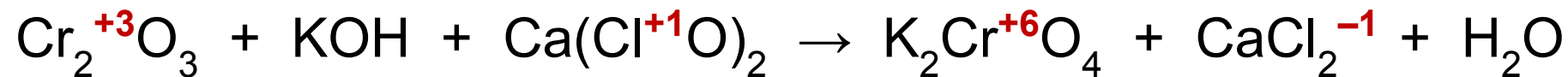
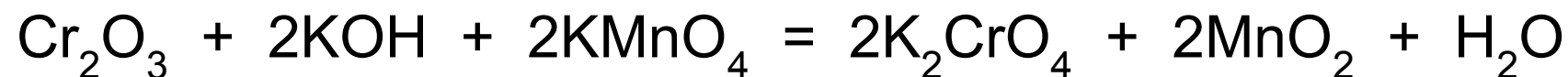
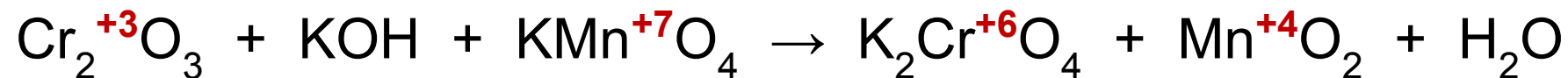
---

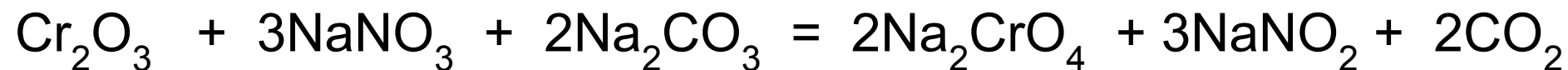
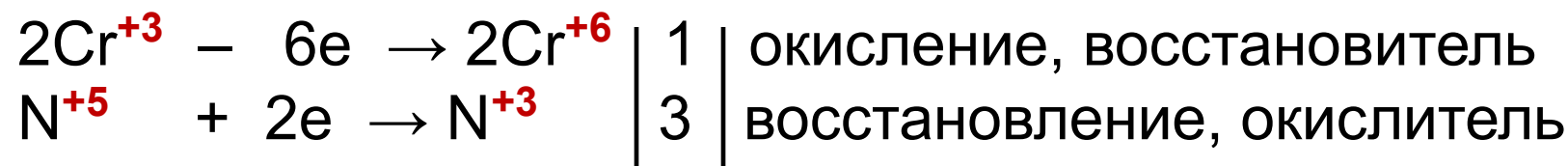
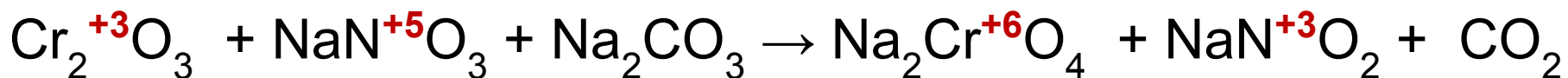
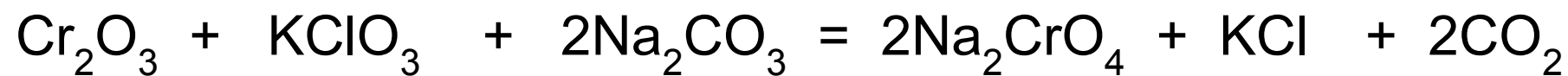
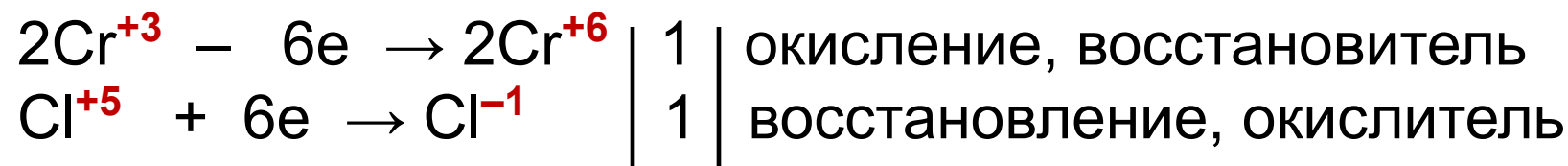
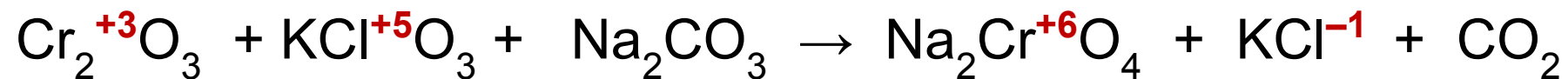
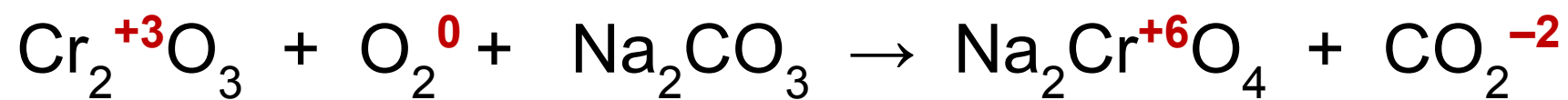


Рассмотрите эти реакции как окислительно-восстановительные.  
Расставьте коэффициенты.









# Оксид хрома (III) – катализатор

В присутствии оксида хрома (III) аммиак окисляется кислородом воздуха до монооксида азота, который в избытке кислорода окисляется до бурого диоксида азота.

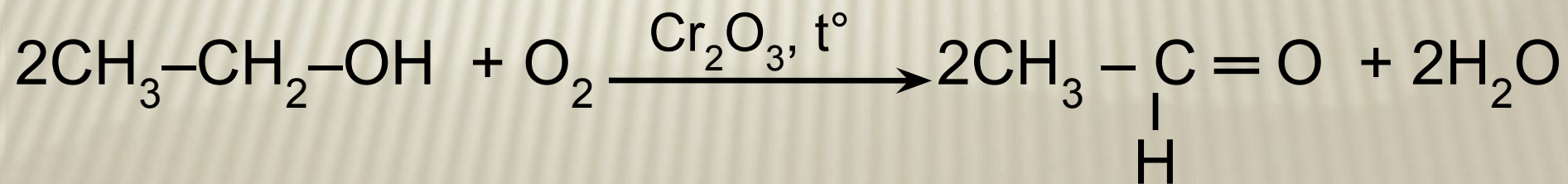




## Каталитическое окисление этанола

Окисление этилового спирта кислородом воздуха происходит очень легко в присутствии оксида хрома (III)

Реакция окисления спирта протекает с выделением энергии. Продукт реакции окисления спирта - уксусный альдегид.





# Гидроксид хрома (III)

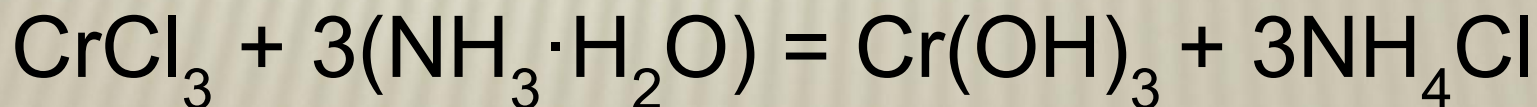


Получают **гидроксид хрома (III)** действием растворов щелочей или аммиака на растворы солей хрома (III).

## *Лабораторный опыт № 1*

К раствору хлорида хрома (III) прилейте раствор аммиака. Что наблюдаете?

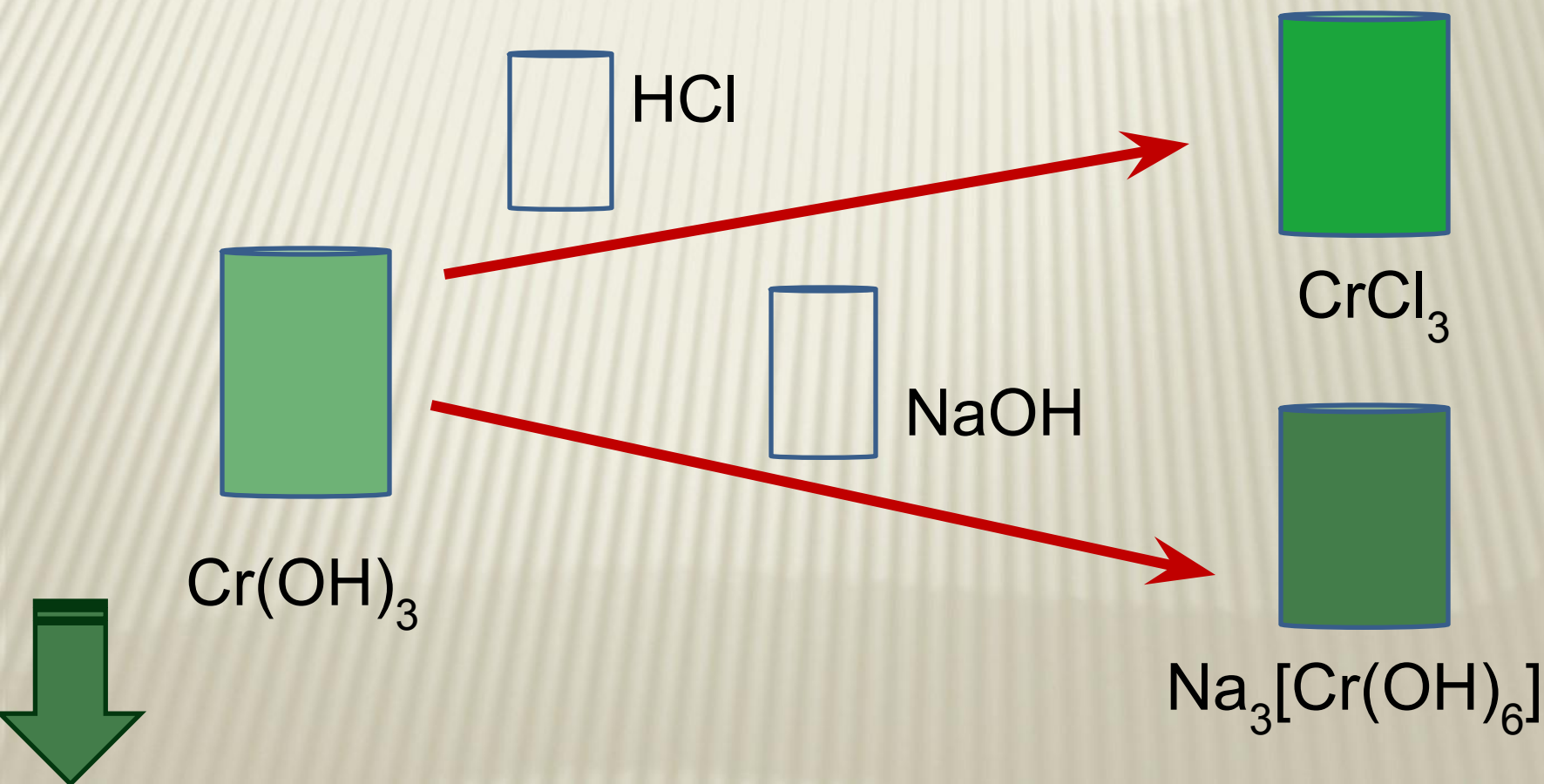
Составьте уравнение реакции получения  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  действием раствора аммиака на хлорид хрома (III):



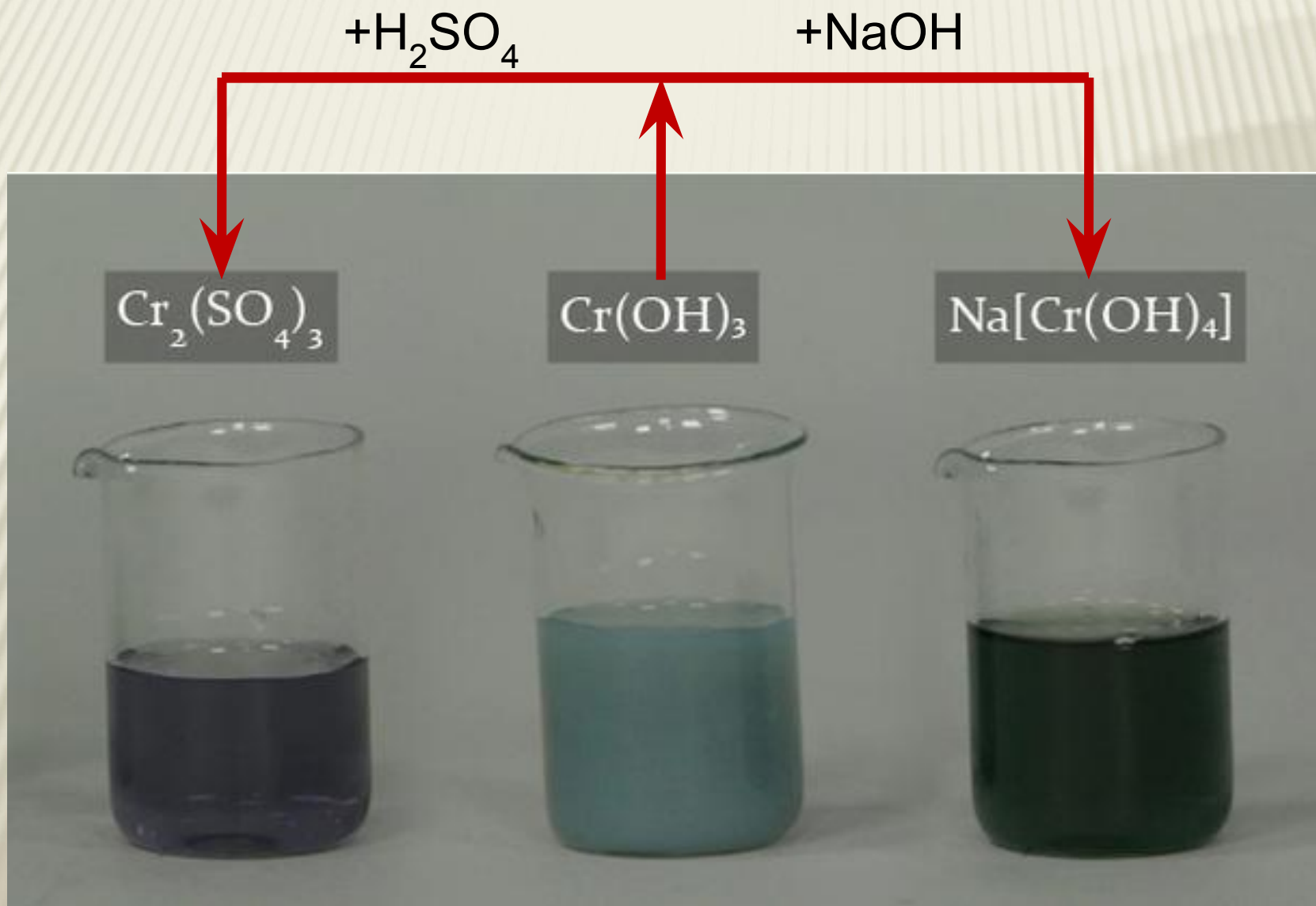
## Лабораторный опыт № 2

Осадок, полученный в опыте № 1 разделите на две части, к одной из них добавьте раствор соляной кислоты, а к другой – щелочь. Что происходит?

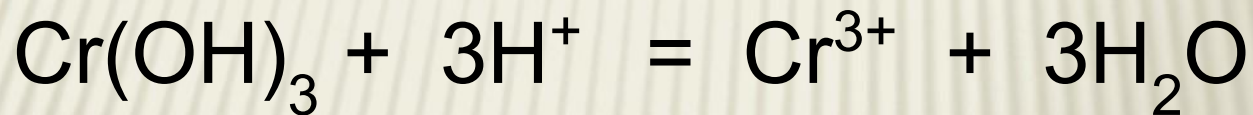
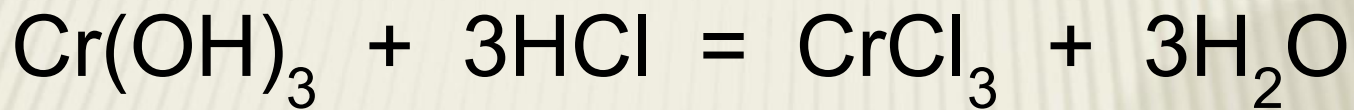
Какими свойствами обладает гидроксид хрома (III)?



Осадок, полученный в опыте № 1 разделите на две части, к одной из них добавьте серной кислоты, а к другой – щелочь. Что происходит?



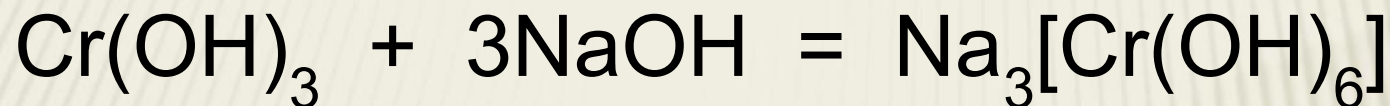
Гидроксид хрома (III) обладает **амфотерными** свойствами.  
При взаимодействии с кислотами образуются соли хрома (III):  
Составьте уравнение реакции гидроксида хрома (III) с соляной кислотой. Рассмотрите реакцию с точки зрения ТЕД.



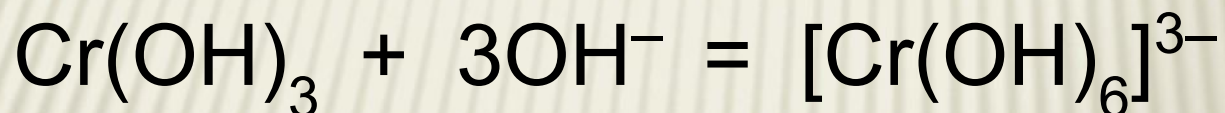
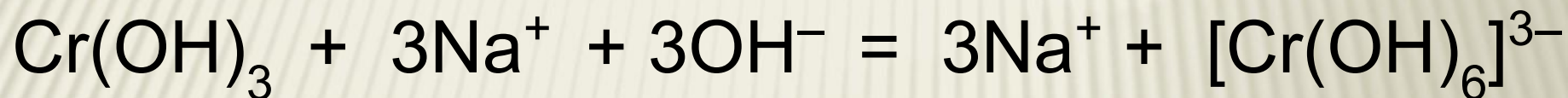


Гидроксид хрома (III) растворяется в щелочах

---



гексагидроксохромат (III) натрия  
(изумрудно-зеленый)



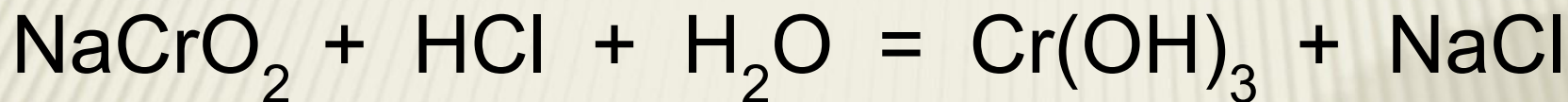
При нагревании гидроксид хрома (III) разлагается:



# Соли хрома (III)

Хроматы (III) устойчивы в щелочной среде. Они легко реагируют с кислотами:

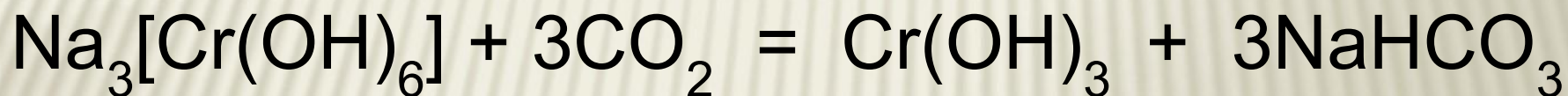
недостаток кислоты:



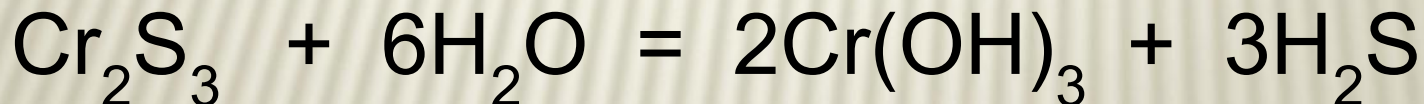
избыток кислоты:



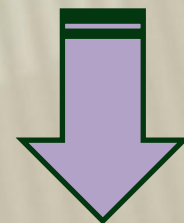
с угольной кислотой



В растворе подвергаются полному гидролизу:



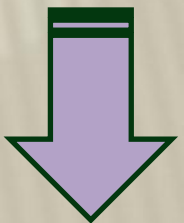
В водных растворах катион  $\text{Cr}^{3+}$  встречается только в виде гидратированного иона  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ , который придает раствору сине-фиолетовый цвет.



Сульфат хрома (III) образует двойные соли – хромовые квасцы. Из смешанного раствора сульфата хрома (III) и сульфата калия кристаллизуется двойная соль –  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  сине-фиолетового цвета.

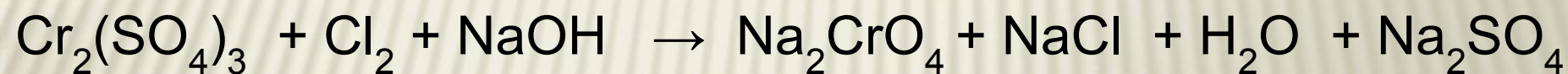
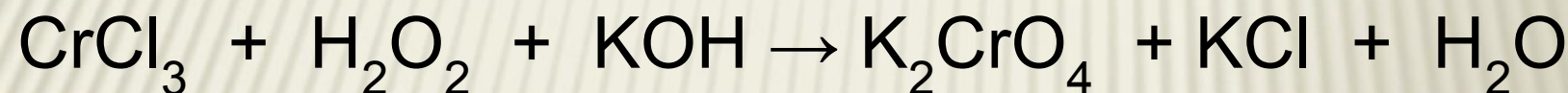
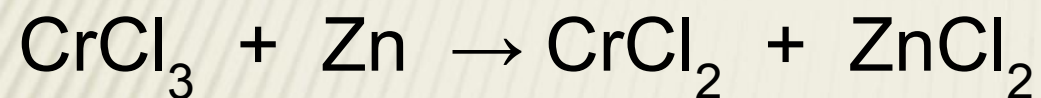
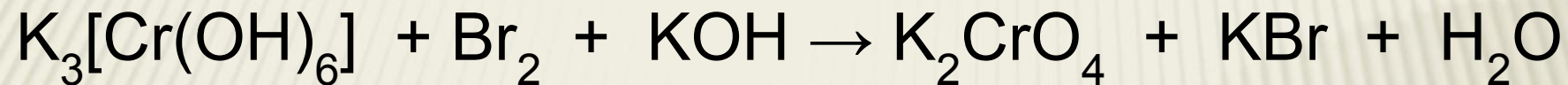


Применяются в качестве дубящего вещества при изготовлении эмульсий, а также в дубящих растворах и дубящих фиксажах.



Соединения хрома (III) могут проявлять как окислительные так и восстановительные свойства.

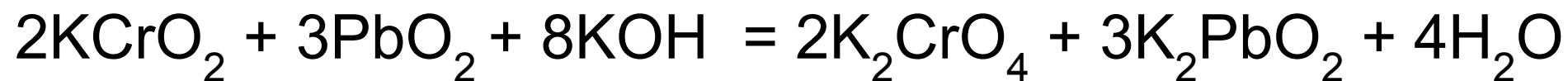
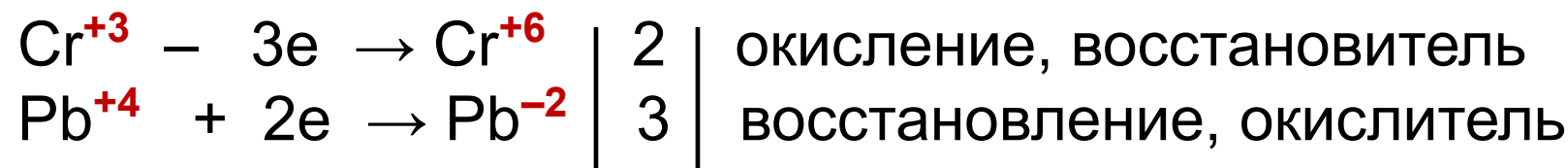
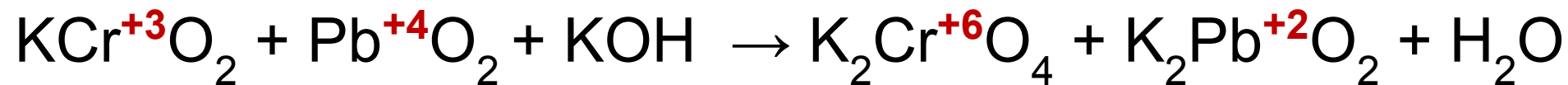
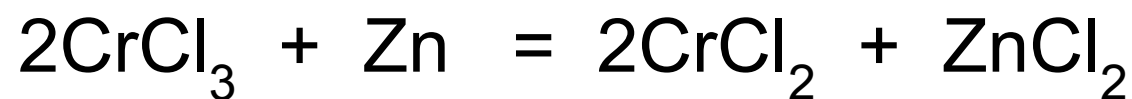
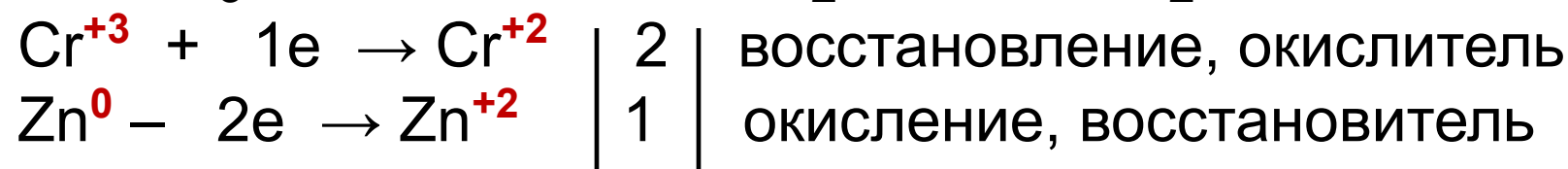
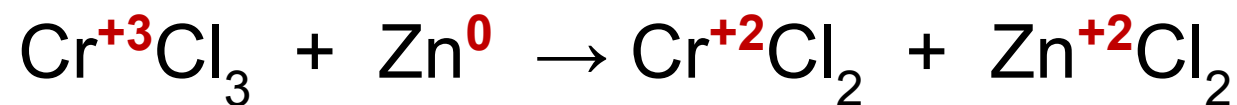
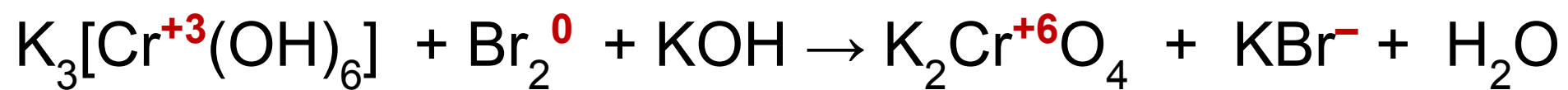
---

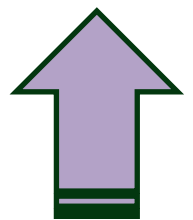
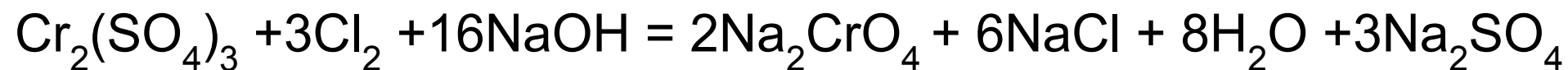
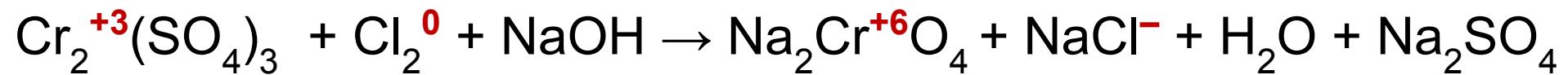
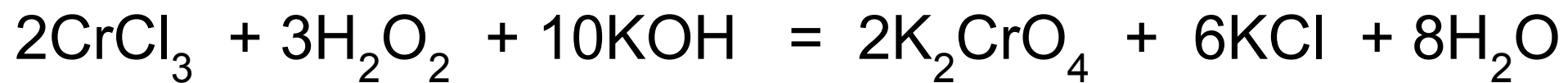
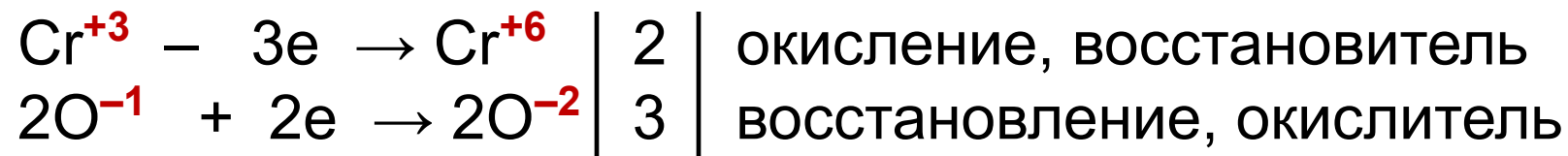
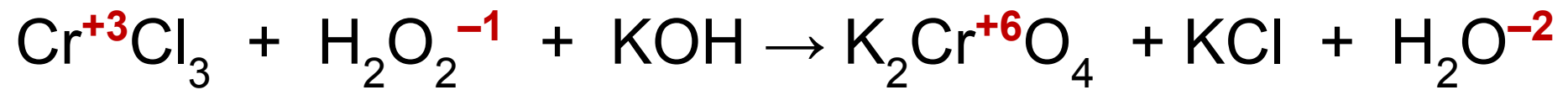


Рассмотрите эти реакции как окислительно-восстановительные.  
Расставьте коэффициенты.

Назовите окислитель и восстановитель.







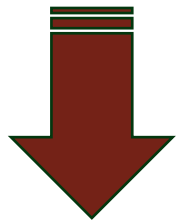
Оксид хрома (VI)  $\text{CrO}_3$  — хромовый ангидрид, представляет собой темно-красные игольчатые кристаллы.



Получают  $\text{CrO}_3$  действием избытка концентрированной серной кислоты на насыщенный водный раствор дихромата натрия:



При нагревании выше 250 °C разлагается:



Оксид хрома (VI) **очень ядовит**.





## $\text{CrO}_3$ — кислотный оксид.

При растворении в воде образует кислоты.

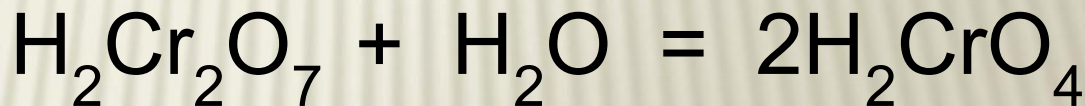
С избытком воды образуется хромовая кислота  $\text{H}_2\text{CrO}_4$



При большой концентрации  $\text{CrO}_3$  образуется дихромовая кислота  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$



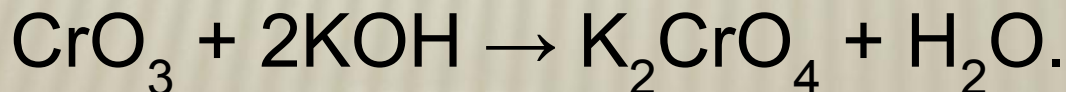
которая при разбавлении переходит в хромовую кислоту:



Эти кислоты — неустойчивые. Существуют только в растворе. Между ними в растворе устанавливается равновесие



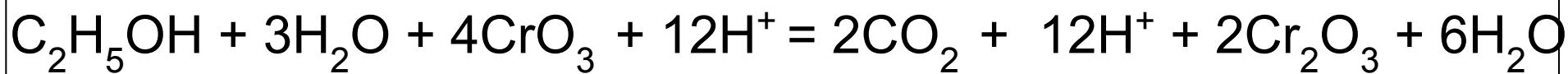
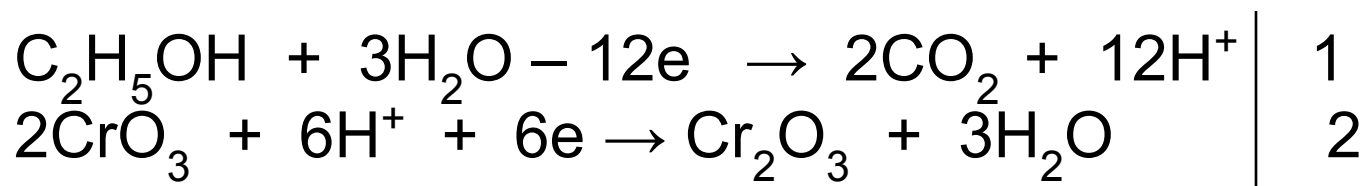
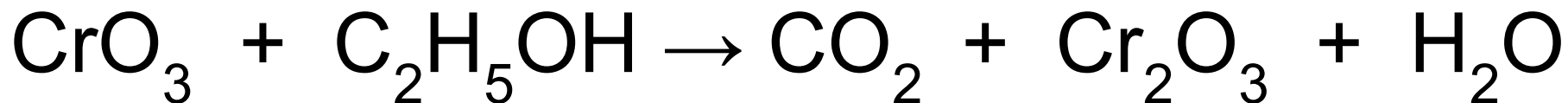
При взаимодействии  $\text{CrO}_3$  со щелочами образуются **хроматы**





## CrO<sub>3</sub> является сильным окислителем

Например этанол, ацетон и многие другие органические вещества самовоспламеняются или даже взрываются при контакте с ним.



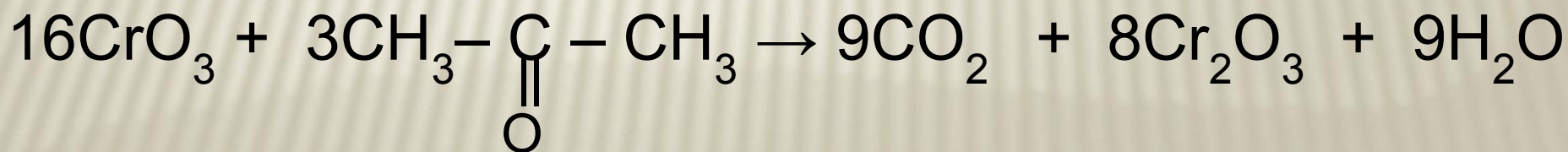
Окисляет йод, серу, фосфор, уголь.



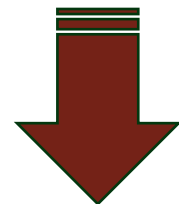
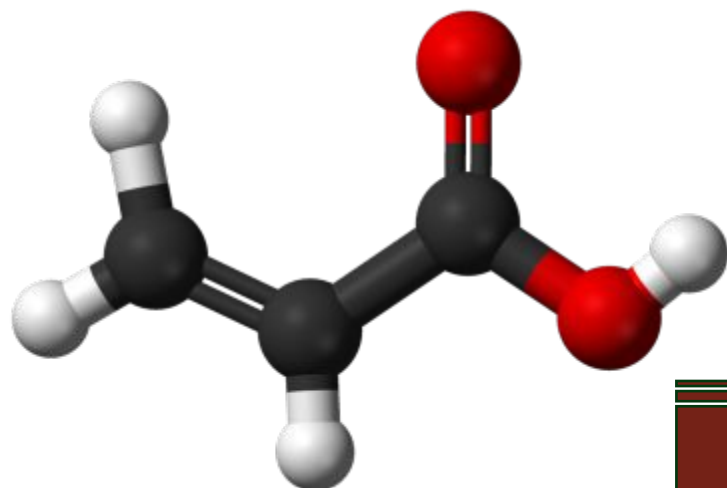
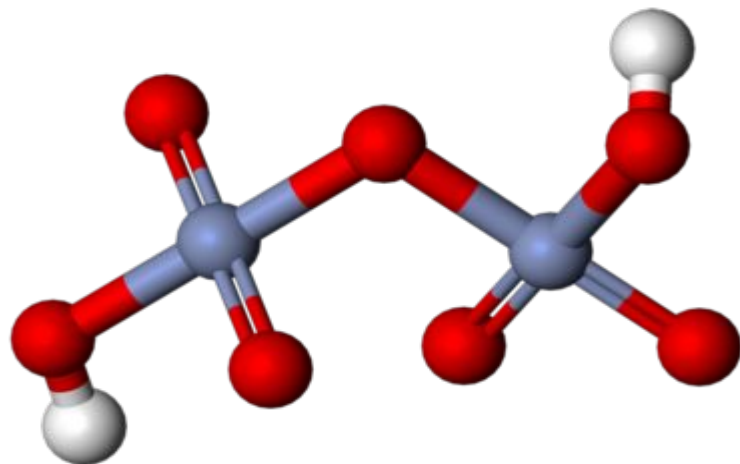
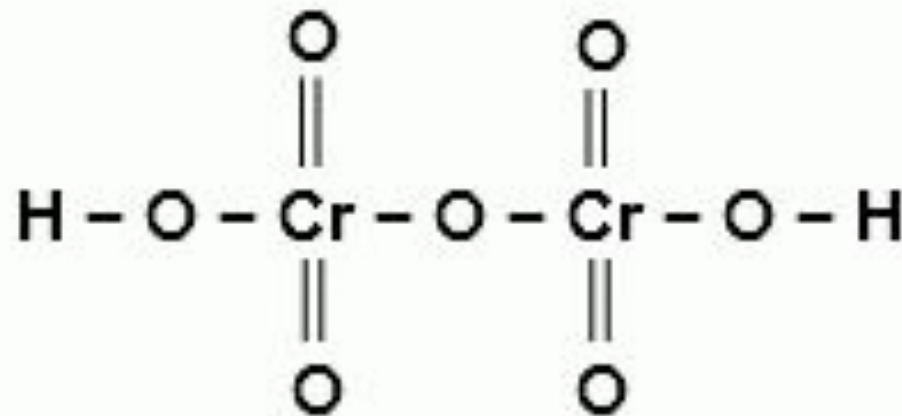
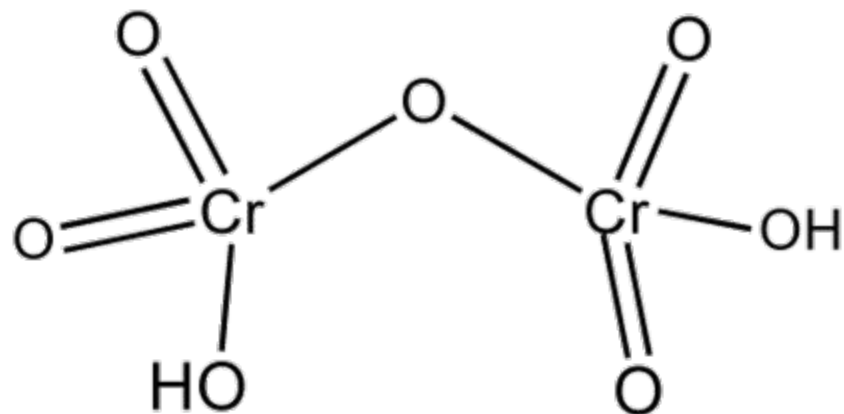
# Окисление ацетона хромовым ангидридом.



Если поместить оксид хрома на фарфоровую пластинку и капнуть на него несколько капель ацетона, то через несколько секунд ацетон загорается. При этом оксид хрома (VI) восстанавливается до оксида хрома (III), а ацетон окисляется до углекислого газа и воды.



Оксиду хрома (VI) соответствуют две кислоты –  
хромовая  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  и дихромовая  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$





## Хромовая кислота —

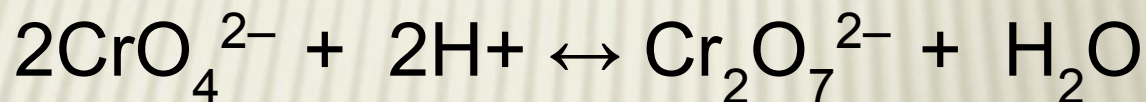
кристаллическое вещество красного цвета; выделена в свободном состоянии при охлаждении насыщенных водных растворов  $\text{CrO}_3$ ; хромовая кислота — электролит средней силы. Изополихромовые кислоты существуют в водных растворах, окрашенных в красный цвет





# СОЛИ

**хроматы** – соли хромовой кислоты устойчивы в щелочной среде, при подкислении переходят в оранжевые **дихроматы**, соли двуххромовой кислоты. Реакция обратима, поэтому при добавлении щелочи желтая окраска хромата восстанавливается.



**хромат  
ы**

$\text{H}^+$

**дихромат  
ы**

$\text{OH}^-$



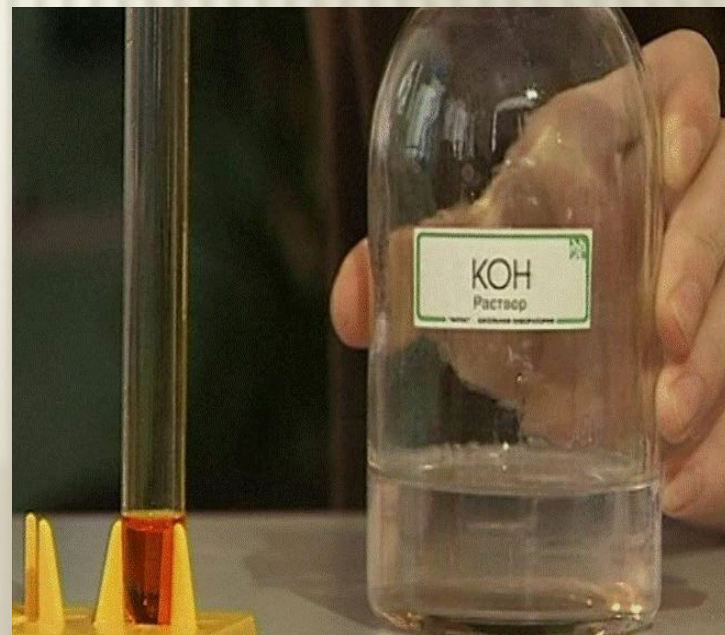
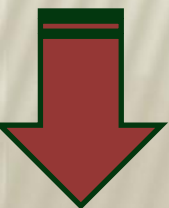


## Лабораторный опыт № 3

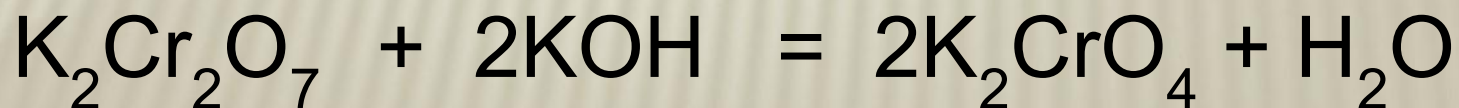
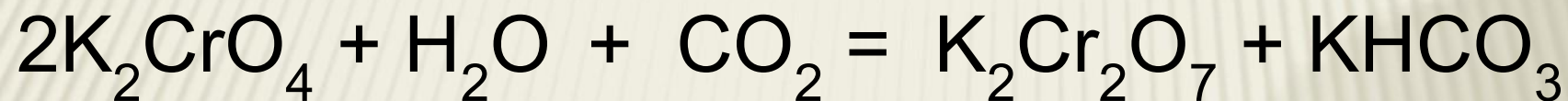
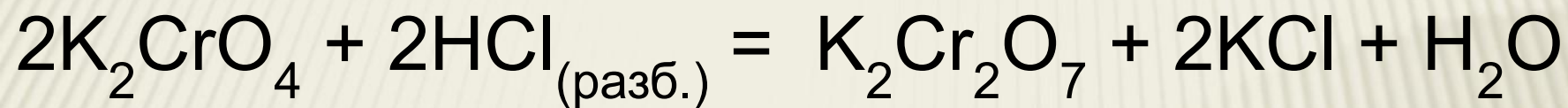
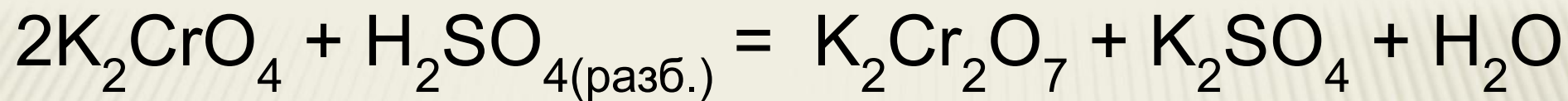
К раствору дихромата калия добавьте гидроксид калия.  
Как изменилась окраска? Чем это вызвано?

К полученному раствору добавьте  
серной кислоты до восстановления  
желтой окраски.

Напишите уравнения реакций.

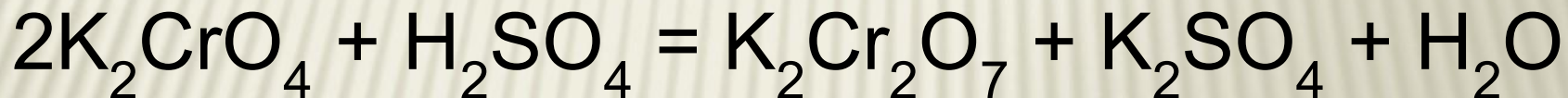




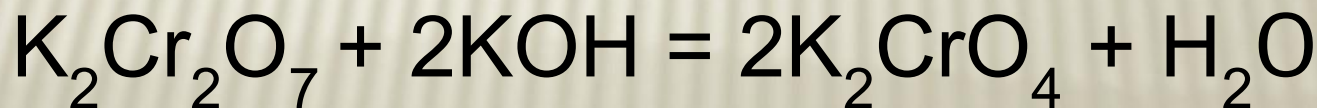


## Взаимопревращение хроматов и дихроматов

Оксиду хрома (VI) соответствуют две кислоты – хромовая  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  и дихромовая  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Хромат калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  и дихромат калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  – соли этих кислот. Хроматы – желтого цвета, дихроматы – оранжевого. В кислой среде хромат-ион превращается в дихромат-ион. В присутствии щелочи дихроматы снова становятся хроматами. Хромат калия превращаем в дихромат, добавляя кислоту. Желтый раствор становится оранжевым.



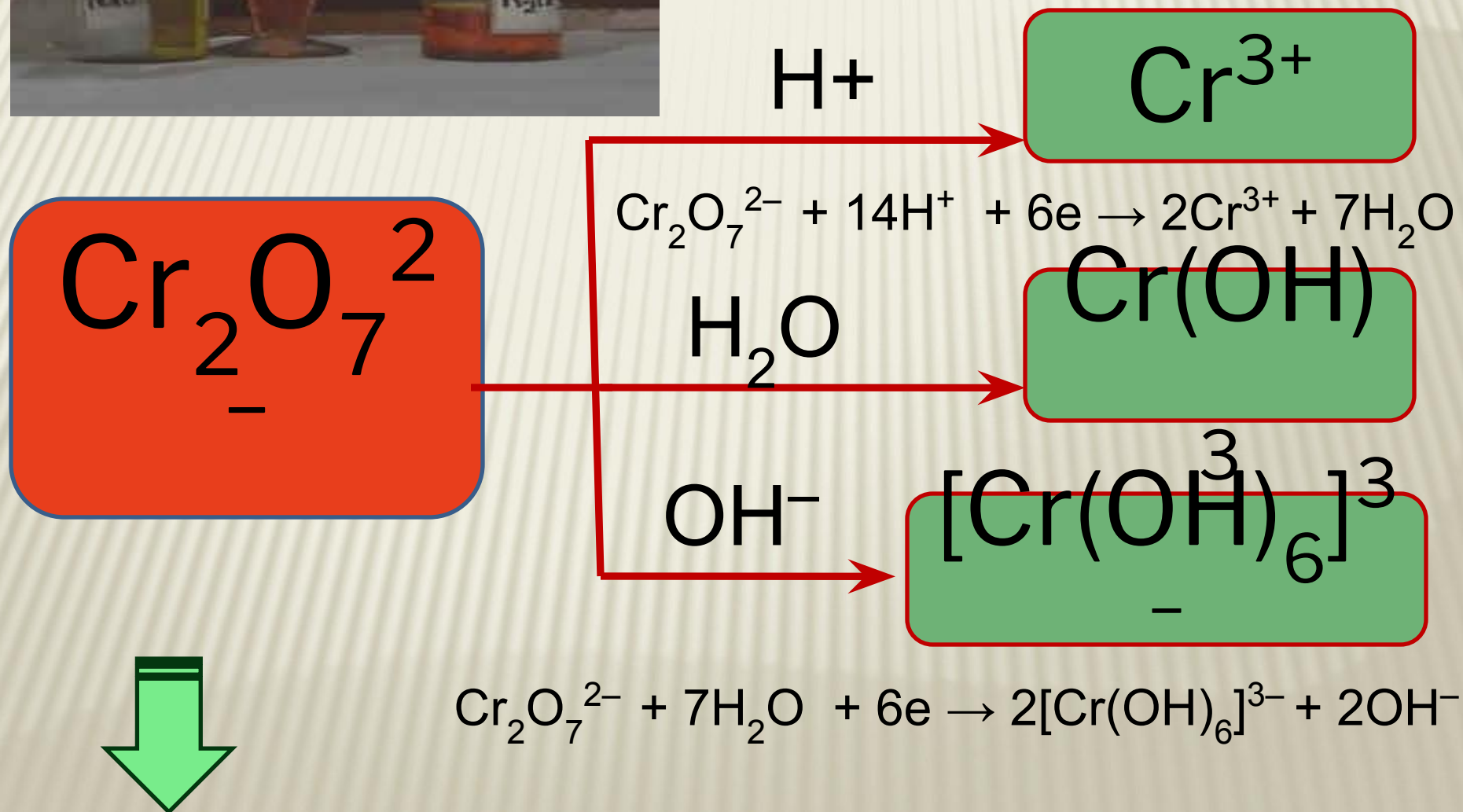
В стакан с дихроматом калия добавляем щелочь, оранжевый раствор становится желтым – дихроматы превращаются в хроматы.





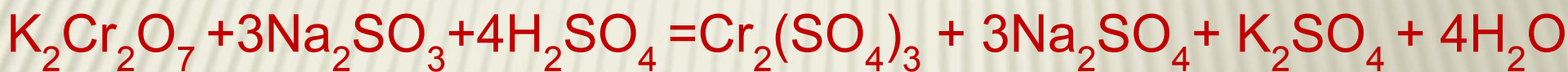


# Соединения хрома (VI) – СИЛЬНЫЕ ОКИСЛИТЕЛИ



## Окислительные свойства дихроматов

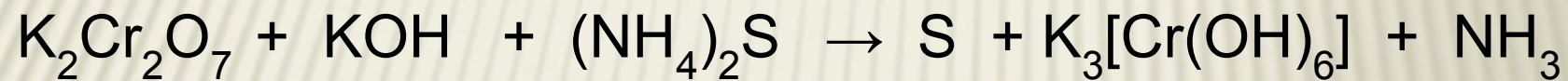
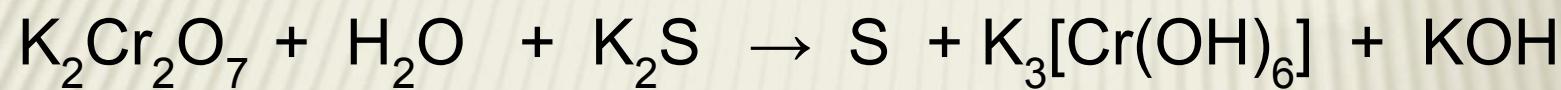
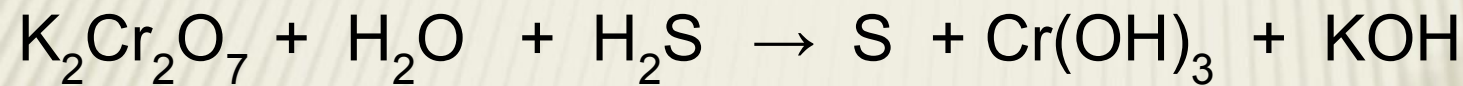
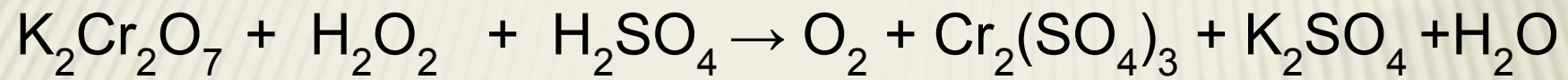
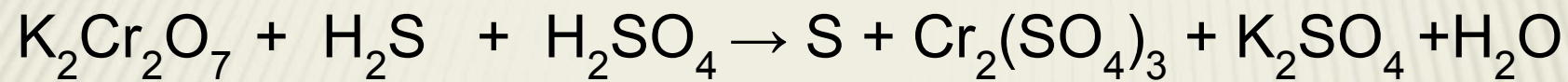
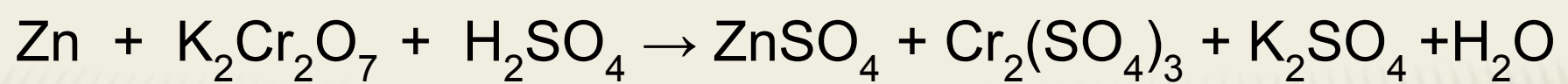
Дихроматы, например дихромат калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  – сильные окислители. Под действием восстановителей дихроматы в кислой среде переходят в соли хрома (III). Примером такой реакции может служить окисление сульфита натрия раствором дихромата калия в кислой среде. К раствору дихромата калия добавляем серную кислоту и раствор сульфита натрия.



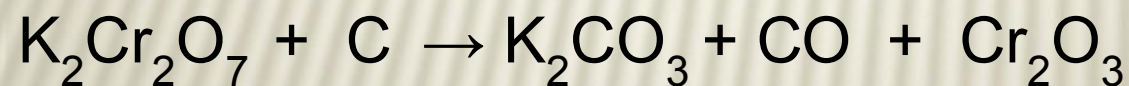
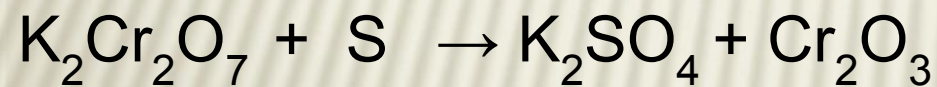
Оранжевая окраска, характерная для дихроматов, переходит в зеленую. Образовался раствор сульфата хрома (III) зеленого цвета. Соли хрома - ярко окрашены, именно поэтому элемент получил такое название: "хром", что в переводе с греческого означает "цвет, краска".

ОПЫТ

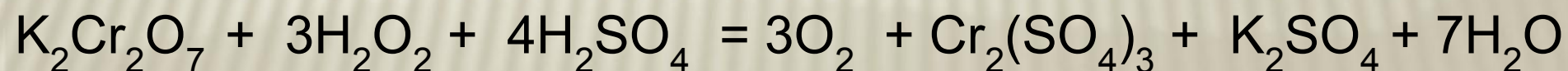
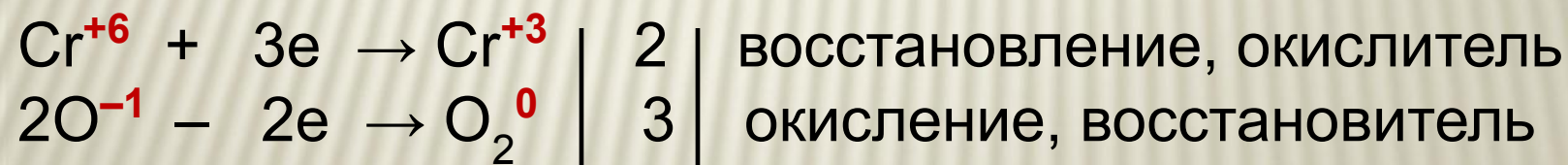
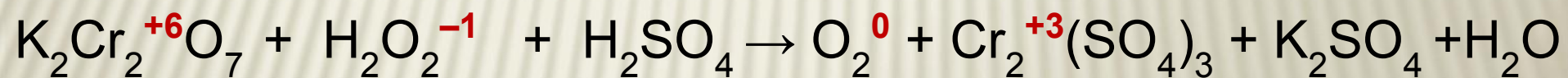
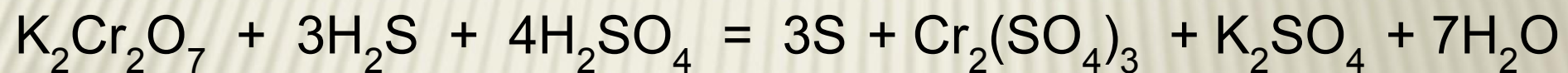
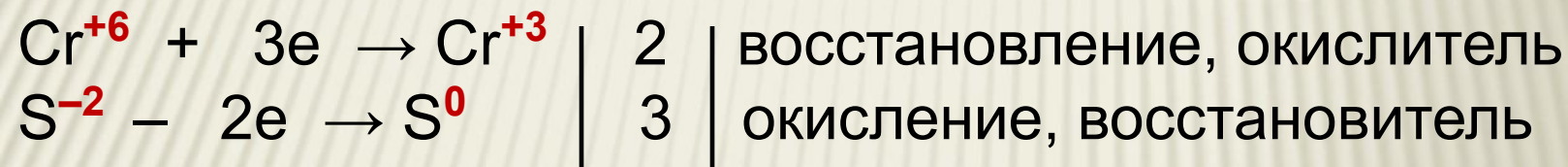
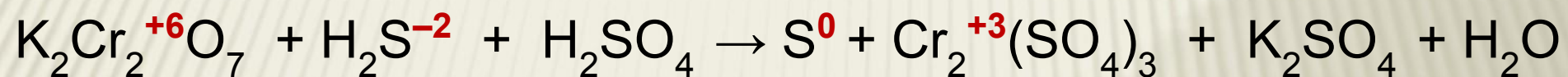
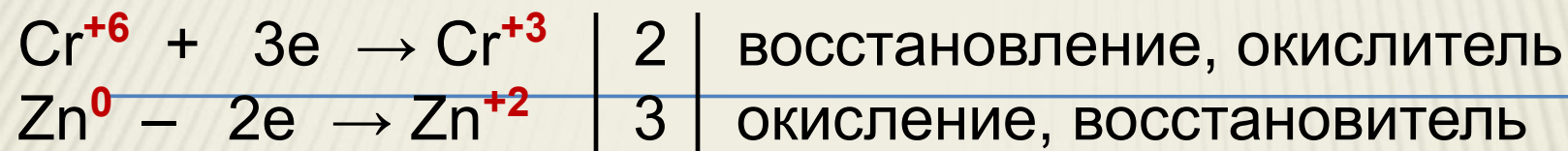
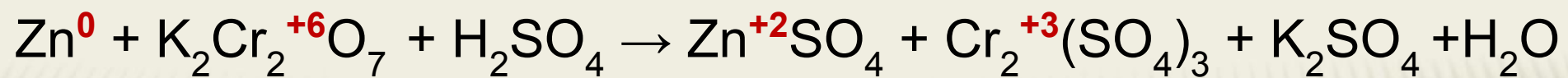




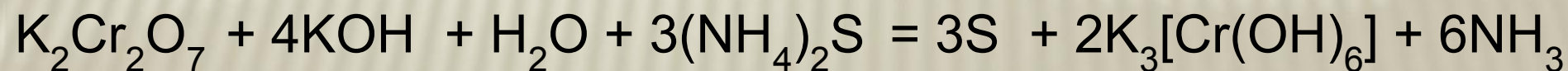
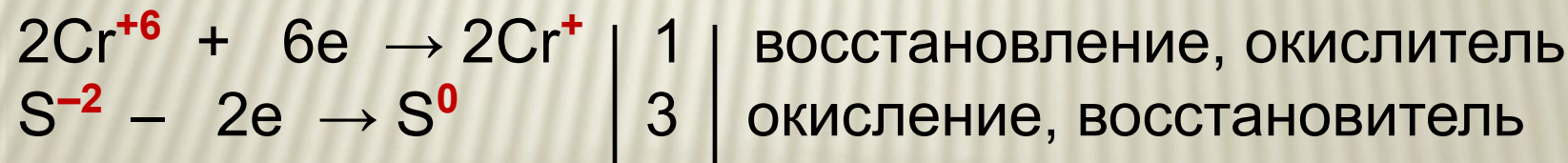
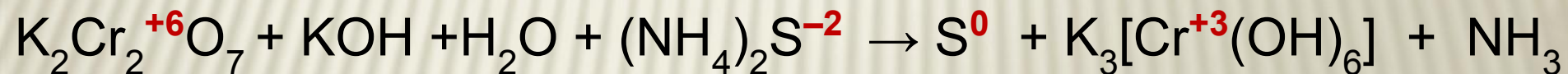
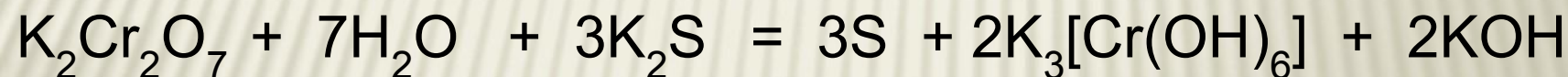
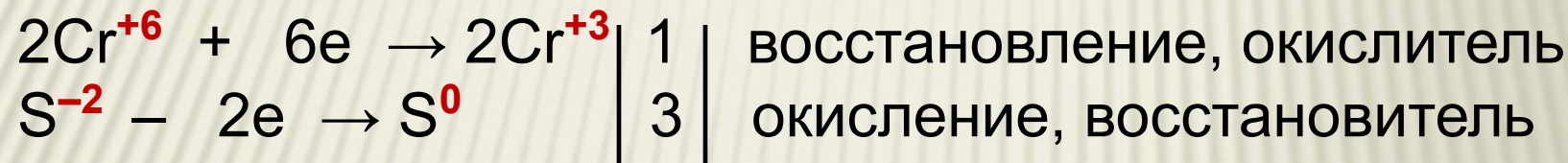
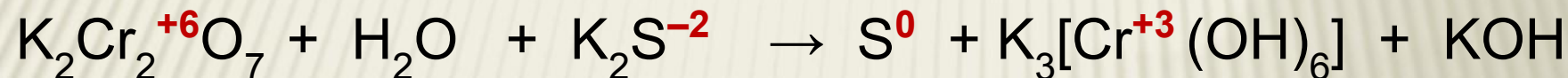
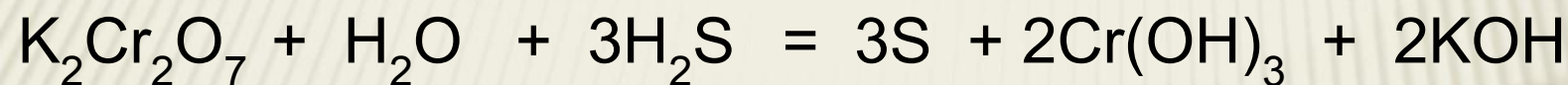
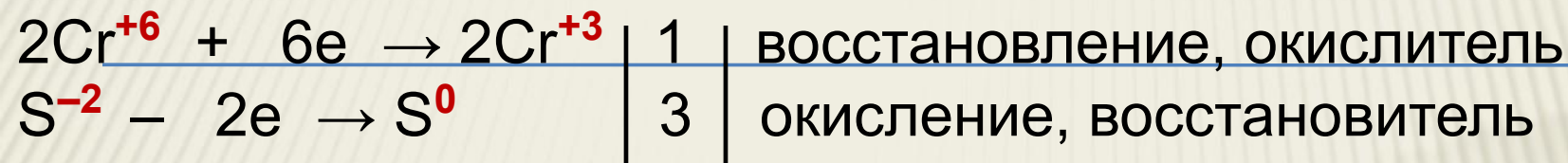
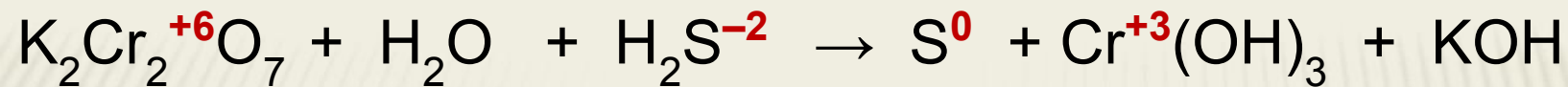
Дихроматы проявляют окислительные свойства не только в растворах, но и в твердом виде:

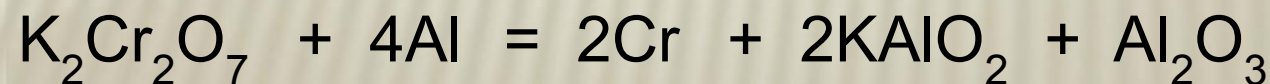
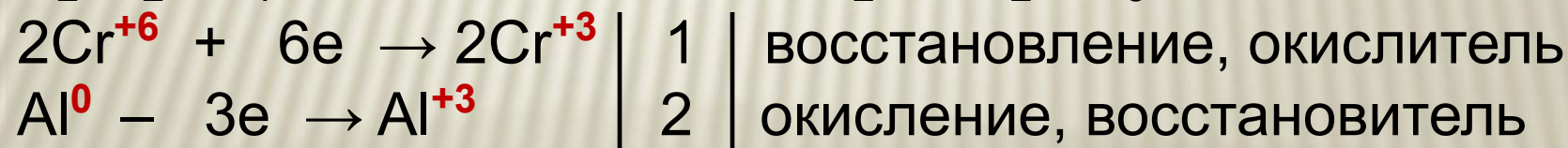
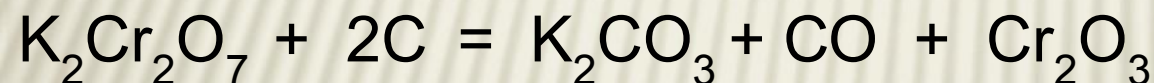
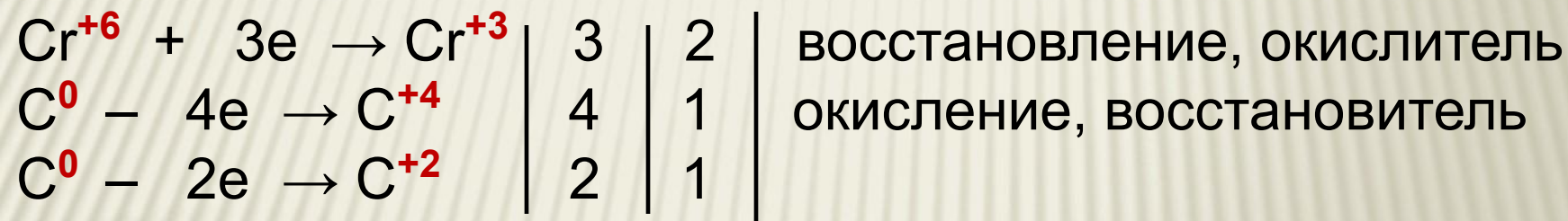
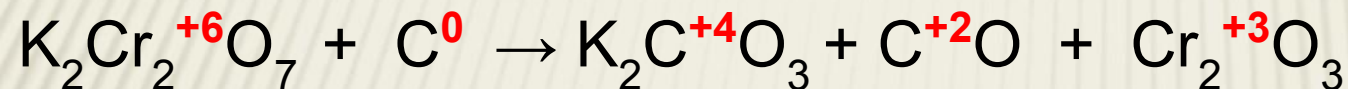
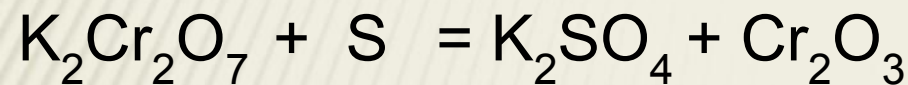
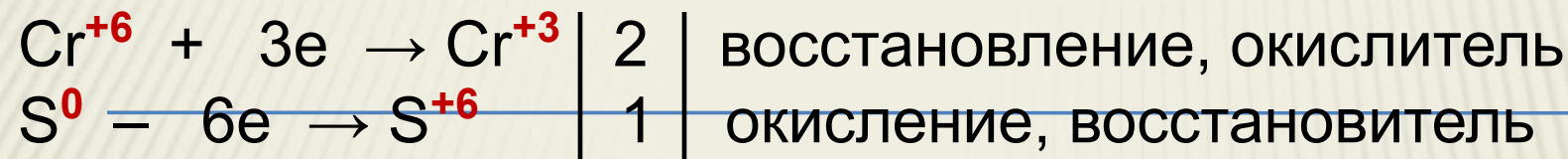
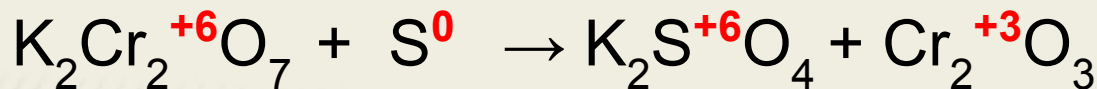


Рассмотрите эти реакции как окислительно-восстановительные.  
Расставьте коэффициенты.

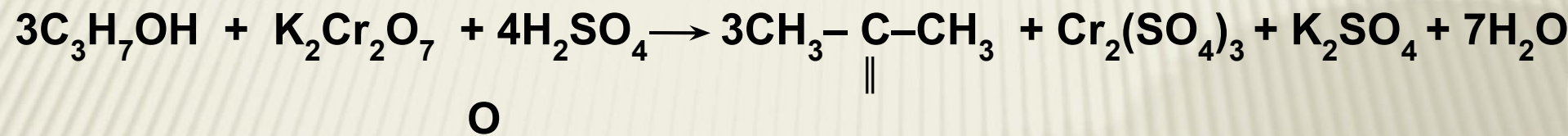
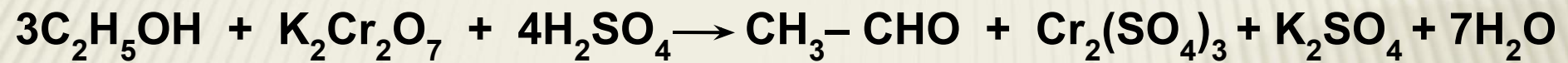






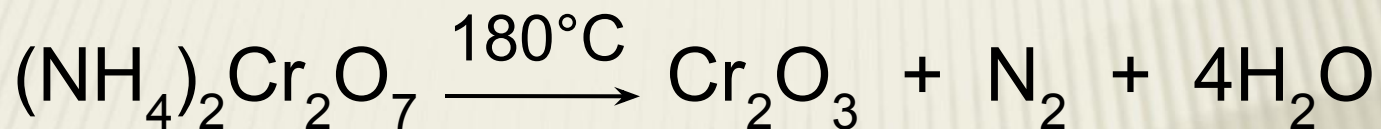


Дихромат калия (хромпик) широко применяется как окислитель органических соединений:





Хроматы щелочных металлов плавятся без разложения, а дихроматы при высокой температуре превращаются в хроматы.  
Дихромат аммония разлагается при нагревании:





В ряду гидроксидов хрома различных степеней окисления



закономерно происходит ослабление основных свойств и усиление кислотных. Такое изменение свойств обусловлено увеличением степени окисления и уменьшением ионных радиусов хрома. В этом же ряду последовательно усиливаются окислительные свойства.

Соединения Cr (II) — сильные восстановители, легко окисляются, превращаясь в соединения хрома (III).

Соединения хрома(VI) — сильные окислители, легко восстанавливаются в соединения хрома (III).

Соединения хрома (III), могут при взаимодействии с сильными восстановителями проявлять окислительные свойства, переходя в соединения хрома (II), а при взаимодействии с сильными окислителями проявлять восстановительные свойства, превращаясь в соединения хрома (VI).



## Соединения хрома

| Степень окисления хрома | +2                                                     | +3                      | +6                       |
|-------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Оксид                   | $\text{CrO}$                                           | $\text{Cr}_2\text{O}_3$ | $\text{CrO}_3$           |
| Гидроксид               | $\text{Cr(OH)}_2$<br>$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ | $\text{Cr(OH)}_3$       | $\text{H}_2\text{CrO}_4$ |

Кислотные и окислительные свойства возрастают

Основные и восстановительные свойства возрастают

- Начала химии. Современный курс для поступающих в ВУЗы. – М.: 1Федеративная Книготорговая Компания.
- Химия. Подготовка к ЕГЭ: учебно-методическое пособие / Под ред. В.Н. Доронькина. – Ростов н/Дону: Легион
- Химия. Пособие для поступающих в вузы /О.О. Максименко. – М. : Филол. о-во СЛОВО: Изд-во Эксмо
- Интернет-ресурсы (картинки, видеофрагменты: 1) Единая образовательная коллекция цифровых ресурсов. Химия. Неорганическая химия. Металлы побочных подгрупп. Хром. Видеоопыты. <http://school-collection.edu.ru/>
- 2) Образовательная коллекция  
Химия для всех XXI  
Химические опыты со взрывами и без  
<http://ppt4web.ru/khimija/khrom1.html>

# ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С СОЕДИНЕНИЯМИ ХРОМА

---

- При работе с препаратами хрома не допускать их попадания на кожу и внутрь организма.
- Соединения хрома высших степеней окисления оказывают раздражающее и сжигающее действие на слизистые оболочки и кожу. В трещинах кожного покрова или порезах оксид хрома (VI)  $\text{CrO}_3$  и дихроматы способны вызывать долго не заживающие язвы.



- 
- Дихроматы более опасны, чем хроматы. Менее опасны соединения хрома со степенью окисления +3, однако установлено, что пыль оксида хрома (III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , которая образуется при разложении дихромата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и алюмотермии оксидов хрома, вызывает раздражение и способна в конечном счете привести к тяжелейшим заболеваниям легких.

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

## Опыт 1. Получение и свойства хроматов и дихроматов

Смещение равновесия между хромат(VI)- и дихромат(VI)- ионами. К раствору  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  прилейте 2 моль/л раствор серной кислоты, а к раствору  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  – 2 моль/л раствор KOH.

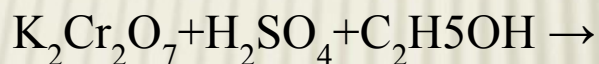
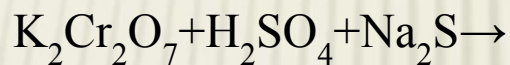
Запишите наблюдения. Напишите в ионном виде уравнение реакции, объясняющее изменение окраски растворов.



---

**Окислительные свойства соединений хрома (VI).** К раствору дихромата калия, подкисленному 2 моль/л раствором серной кислоты, прилейте отдельно в 2-х пробирках растворы  $\text{NaNO}_2$  и  $\text{Na}_2\text{S}$ . Запишите наблюдения.

Напишите и уравняйте уравнения реакций ионно–электронным методом:



---