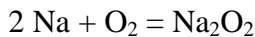
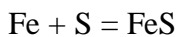


## 04 CHEMICKÉ REAKCIE OXIDAČNO - REDUKČNÉ

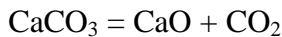
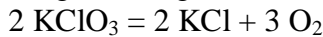
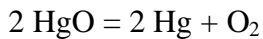
Najjednoduchším vyjadrením chemickej reakcie je rovnica, kde na ľavej strane uvádzame látky do reakcie vstupujúce a na pravej strane rovnice sa nachádzajú reakčné produkty. Chemické reakcie je možné študovať jednak z energetického hľadiska - čo je náplňou chemickej termodynamiky a na druhej strane je možné ich sledovať z hľadiska časovej závislosti - čo je náplňou reakčnej kinetiky.

Klasické delenie chemických reakcií je nasledovné:

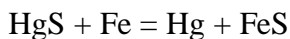
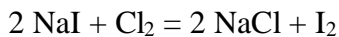
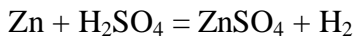
1. Reakcie skladné - syntéza, pri ktorých z látok jednoduchších vznikajú látky zložitejšie:



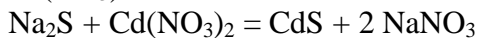
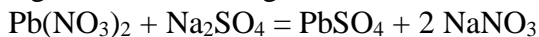
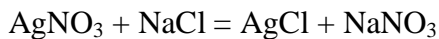
2. Reakcie rozkladné - analýza, pri ktorých z látok zložitejších vznikajú látky jednoduchšie:



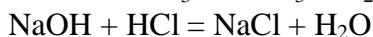
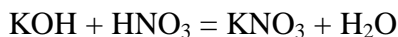
3. Reakcie nahradzovacie, vytesňovacie - substitúcia, pri ktorých prvok pôsobí na zlúčeninu tak, že sa zlúči s jednou časťou zlúčeniny, kým druhá časť zlúčeniny zostáva voľná:



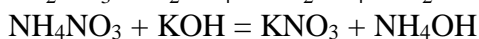
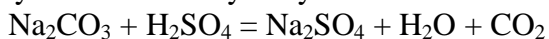
4. Reakcie podvojného rozkladu, pri ktorých z dvoch zložitejších látok vzájomnou reakciou vznikajú dve nové zložité látky:



Medzi reakcie podvojného rozkladu môžeme zaradiť aj neutralizáciu - reakcie acidobazické:



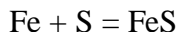
ako aj vytesňovanie slabých kyselín a zásad z ich solí:



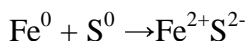
Z hľadiska zmeny formálneho mocenstva môžeme chemické reakcie rozdeliť na reakcie, pri ktorých nedochádza ku zmene formálneho mocenstva (napr. uvedené Príklady

podvojného rozkladu) a reakcie, pri ktorých dochádza k zmene oxidačného stupňa reagujúcich prvkov - oxidačno-redukčné (redoxné) reakcie. K zmene oxidačného stupňa dochádza vtedy, keď atómy alebo ióny prvkov priberajú alebo strácajú elektróny.

Pri vyšších teplotách prebieha napríklad reakcia:



Keď budeme uvažovať oxidačný stupeň prvkov pred reakciou a po nej



vidíme, že železo malo pred reakciou oxidačný stupeň nulový a po reakcii dva plus, kým síra s oxidačným stupňom nula v priebehu reakcie premenila oxidačný stupeň na dva mínus. Atóm železa teda v priebehu reakcie stratil dva záporné náboje a atóm síry dva záporné náboje prijal. Železo sa oxidovalo, síra sa redukovala.

**Oxidácia** je pochod, pri ktorom prvok zvyšuje svoje kladné mocenstvo a elektróny sa odoberajú.

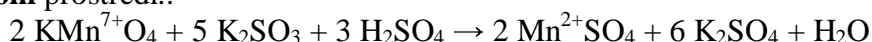
**Redukcia** je pochod, pri ktorom prvok znižuje svoje kladné mocenstvo a elektróny sa prijímajú.

Oxidácia a redukcia prebiehajú vždy súčasne, pričom celkový počet elektrónov, prijímaných jedným prvkom alebo iónom, sa musí rovnať celkovému počtu elektrónov, uvoľnených druhým prvkom alebo iónom. Tento fakt sa využíva pri zisťovaní koeficientov oxidačno - redukčných rovníc.

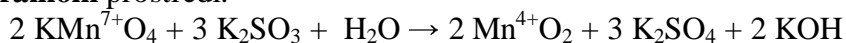
Látka, ktorá je schopná prijímať elektróny (redukovat' sa), sa nazýva oxidačným činidlom (napr.  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ). Látka, ktorá je schopná elektróny uvoľňovať (oxidovať sa), sa nazýva redukčným činidlom (napr.  $\text{C}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{H}_2$ ).

Oxidačná, prípadne redukčná schopnosť určitej látky závisí od prostredia, v ktorom reakcia prebieha. Napr. oxidačná schopnosť manganistanu draselného sa mení podľa prostredia takto:

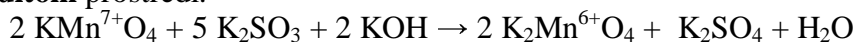
v **kyslom** prostredí:



v **neutrálnom** prostredí:



v **zásaditom** prostredí:



Z uvedených reakcií vyplýva, že manganistan draselný má najväčšiu oxidačnú schopnosť v kyslom prostredí, priberá najväčší počet elektrónov, v priebehu reakcie sa zredukuje až na dvojmocný mangán v sírane mangánatom.

Existujú aj látky, ktoré môžu mať tak oxidačnú ako aj redukčnú schopnosť, napr. peroxid vodíka



Aby chemická rovnica bola skutočne rovnicou, je potrebné ju upraviť tak, aby počet atómov jednotlivých prvkov na ľavej strane rovnice zodpovedal počtu tých istých prvkov na pravej strane. Tento úkon sa nazýva vyčísl'ovanie koeficientov oxidačno-redukčných rovníc.

Možno ho prevádzať na základe nasledujúcich zásad:

1. Zistíme a vyznačíme, ktoré prvky v reagujúcich látkach menia v priebehu reakcie svoj oxidačný stupeň.
2. Spojíme všetky prípady, ktoré sa oxidujú a ktoré redukujú, súčasne vyznačíme aj počet elektrónov, uvoľňujúcich a priberajúcich sa pri zmene oxidačného stupňa.
3. Sústavu oxidujúcich sa prvkov, ako aj sústavu redukujúcich sa prvkov upravíme tak, aby sa v nich vyrovnali celkové počty elektrónov.
4. Výsledky riešenia zapíšeme do chemickej rovnice a uskutočníme prípadne dodatočnú úpravu chemickej rovnice.

**Príklad 1:** Vyčíslite oxidačno-redukčnú rovnicu!  
 $\text{H}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO} + \text{S}$

**Riešenie:** Zisťujeme, ktoré prvky v rovnici menia svoj oxidačný stupeň

$\text{S}^{2-} \rightarrow \text{S}^0$  oxidácia, ( $\text{S}^{2-}$  - donor elektrónov)  
 ( $\text{H}_2\text{S}$  - redukčné činidlo)

$\text{N}^{5+} \rightarrow \text{N}^{2+}$  redukcia, ( $\text{N}^{5+}$  - akceptor elektrónov)  
 ( $\text{HNO}_3$  - oxidačné činidlo)

Dusík sa redukuje, síra sa oxiduje. Oxidačné stupne vodíka, kyslíka sa v reakcii nemenia.

$\text{S}^{2-} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{S}^0$	/3	oxidačná elektrónová rovnica
$\text{N}^{5+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{N}^{2+}$	/2	redukčná elektrónová rovnica

Síra pri oxidácii odovzdáva dva elektróny a dusík pri redukcii prijme tri elektróny. Počet elektrónov

upravíme na rovnaký počet tak, že prvú sústavu násobíme tromi, druhú dvomi:

$$3 \text{S}^{2-} - 6 \text{e}^- \rightarrow 3 \text{S}^0$$

$$2 \text{N}^{5+} + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{N}^{2+}$$

Výsledky dosadíme do pôvodnej rovnice, kde počet molekúl vody upravíme podľa počtu vodíkov na ľavej strane rovnice:

$$3 \text{H}_2\text{S} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow 4 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NO} + 3 \text{S}$$

**Príklad 2:** Upravte uvedenú oxidačno-redukčnú rovnicu!  
 $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

**Riešenie:** Vodík, kyslík a draslík sú na oboch stranách rovnice vo viazanej forme, nedochádza teda k zmene ich oxidačného stupňa. Zisťujeme iba zmenu oxidačného stupňa chrómu a dusíka:

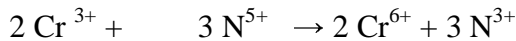
$$2 \text{Cr}^{3+} \rightarrow 2 \text{Cr}^{6+}$$

$$\text{N}^{5+} \rightarrow \text{N}^{3+}$$

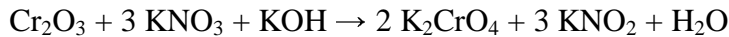
Vzali sme dva atómy chrómu, pretože aj v danej rovnici v molekule oxidujúcej sa látky sú nutné dva atómy chrómu:

$2\text{Cr}^{3+} - 6\text{e}^-$	$\rightarrow 2 \text{Cr}^{6+}$	/1
$\text{N}^{5+} + 2\text{e}^-$	$\rightarrow \text{N}^{3+}$	/ .3

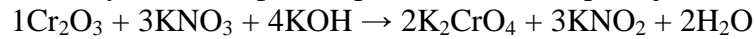
$2 \text{Cr}^{3+} - 6 \text{e}^-$	$\rightarrow 2 \text{Cr}^{6+}$
$3 \text{N}^{5+} + 6 \text{e}^-$	$\rightarrow 3 \text{N}^{3+}$



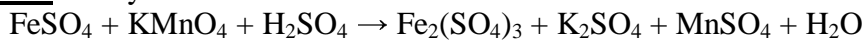
Výsledok riešenia dosadíme do rovnice:



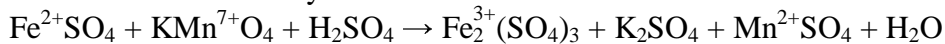
V rovnici musíme urobiť dodatočnú úpravu, čo do počtu atómov K, H, O, nakoľko počet atómov dusíka a chrómu je záväzný a vyplýva z výpočtu. Záväzný je aj počet atómov draslíka na pravej strane rovnice, upravuje sa teda podľa neho počet draslíkov na ľavej strane rovnice, ale len v molekule KOH, pretože počet molekúl  $\text{KNO}_3$  vychádza tiež z prevedeného výpočtu. Počet atómov O a H vyrovnáme úpravou počtu molekúl na pravej strane.



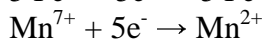
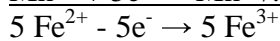
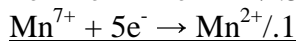
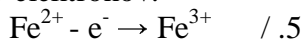
**Príklad 3:** Vyčíslite oxidačno-redukčnú rovnicu



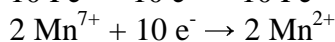
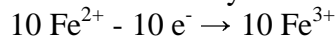
**Riešenie:** Určíme oxidačné stupne prvkov, ktoré v priebehu reakcie menia svoj oxidačný stupeň a kvôli názornosti ich vyznačíme do rovnice:



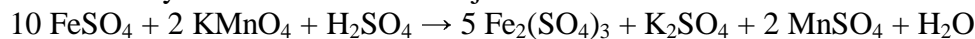
Fe zvýšilo svoj oxidačný stupeň z 2+ na 3+, teda sa oxidovalo a každý jeho ión odovzdal 1 elektrón. Mn znížil svoj oxidačný stupeň zo 7+ na 2+, teda sa redukoval a každý jeho ión prijal 5 elektrónov.



V priebehu reakcie vznikne molekula  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , ktorá obsahuje párny počet iónov železa, preto musíme koeficienty násobiť dvoma



a zistené koeficienty sa dosadia do uvedenej rovnice:



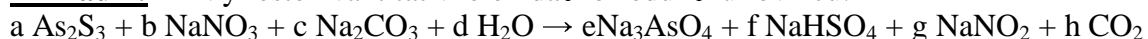
Podľa získaných koeficientov sa spočíta počet molekúl zlúčenín (síránov) na pravej strane rovnice (18 síranových skupín), z čoho vyplýva, že po odpočítaní 10 molekúl  $\text{FeSO}_4$  na ľavej strane, upravíme počet molekúl  $\text{H}_2\text{SO}_4$  na osem. Počet vzniklých molekúl vody sa zistí podľa počtu atómov vodíka v molekulách kyseliny. Konečná kvantitatívna správna forma vyriešenej rovnice bude:



V niektorých chemických rovniciach je veľmi ťažké vyčísliť koeficienty reagujúcich látok, ktoré nám kvantitatívne udávajú pomer mólov týchto látok.

V takom prípade možno okrem hore uvedeného postupu používať aj matematické rovnice v spojitosti so zákonom o zachovaní hmotnosti prvkov v chemickej rovnici.

**Príklad 4:** Vyriešte kvantitatívne oxidačno-redukčnú rovnicu:



**Riešenie:** Pre matematické výpočty sme pridelili jednotlivým molekulám písmená abecedy a môžeme napísať bilanciu jednotlivých prvkov v rovnici nasledovne:

$$\text{As} \quad 2a = e$$

$$\text{N} \quad b = g$$

$$\text{S} \quad 3a = f$$

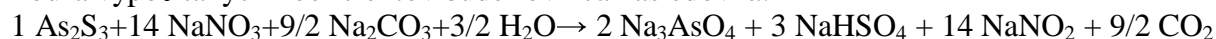
$$\begin{array}{ll}
 \text{C} & c = h \\
 \text{Na} & b + 2c = 3e + f + g \\
 \text{H} & 2d = f \\
 \text{O} & 3b + 3c + d = 4e + 4f + 2g + 2h
 \end{array}$$

Keď zvolíme  $a = 1$  potom platí:

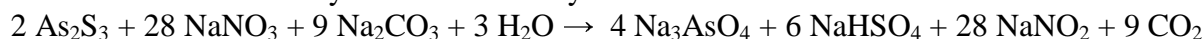
$$\begin{array}{l}
 e = 2 \\
 f = 3 \\
 d = 3/2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 b + 2c = 6 + 3 + b \\
 2c = 9 \\
 c = 9/2 \\
 h = 9/2 \\
 3b + 27/2 + 3/2 = 8 + 12 + 2b + 9 \\
 3b = 29 + 2b - 30/2 \\
 b = 14
 \end{array}$$

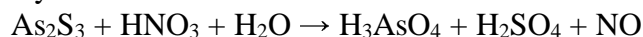
Podľa vypočítaných koeficientov bude rovnica nasledovná:



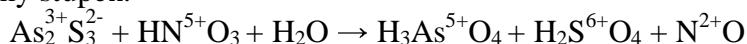
Pre odstránenie zlomkových koeficientov vynásobíme celú rovnicu dvoma:



**Príklad 5:** Vyčíslite oxidačno-redukčnú rovnicu:



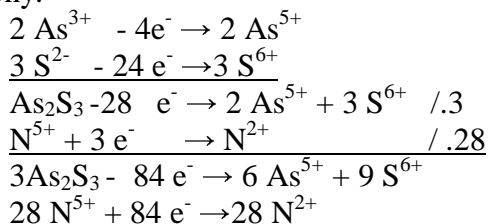
**Riešenie:** Určíme oxidačné stupne prvkov, ktoré v priebehu reakcie zmenili svoj oxidačný stupeň:



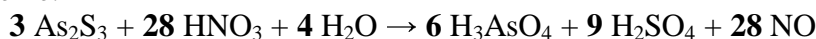
Arzén zvýšil svoj oxidačný stupeň z 3+ na 5+, teda sa oxidoval a každý jeho ión odovzdal dva elektróny.

Síra tiež zvýšila svoj oxidačný stupeň z 2- na 6+, teda sa oxidovala ako arzén a jej ión odovzdal 8 elektrónov.

Dusík znížil svoj oxidačný stupeň z 5+ na 2+, teda sa zredukoval a každý jeho ión prijal tri elektróny.



Nájdene koeficienty dosadíme do rovnice, pokračujeme ako v predošlých príkladoch a dostaneme:

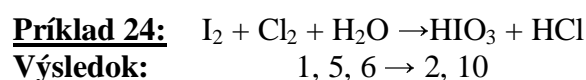
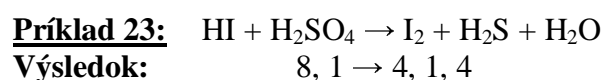
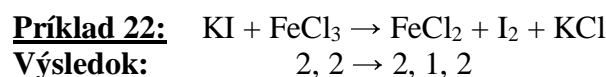
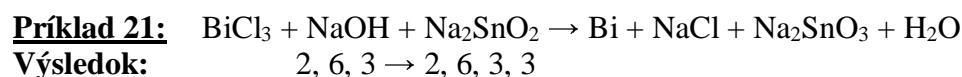
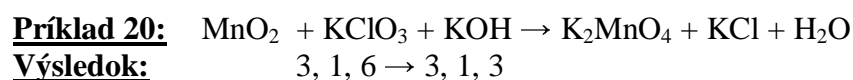
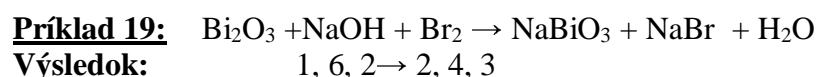
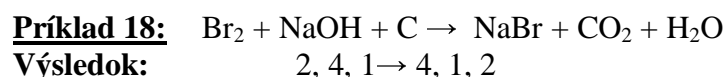
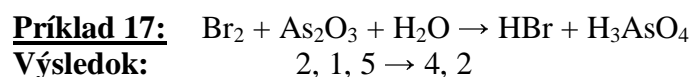
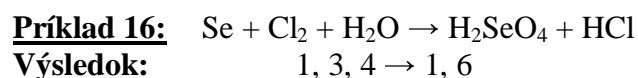
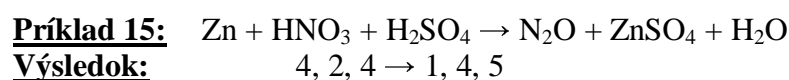
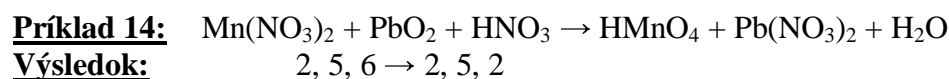
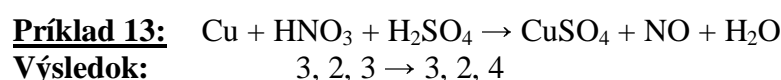
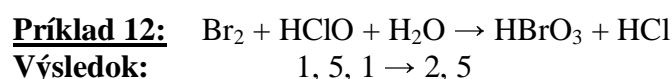
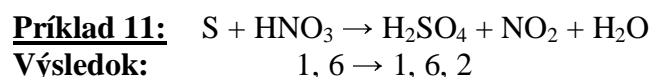
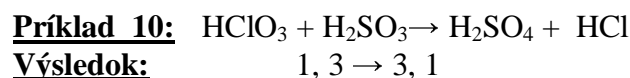
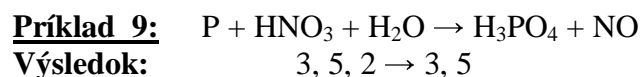
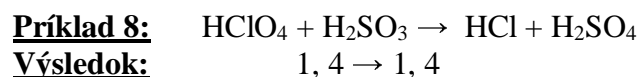


**Príklad 6:**  $\text{K}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{MnSO}_4$

**Výsledok:** 5, 2, 8,  $\rightarrow$  5, 6, 8, 2

**Príklad 7:**  $\text{TeO}_3 + \text{HCl} + \text{TiCl}_3 \rightarrow \text{Te} + \text{TiCl}_4 + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 1, 6, 6  $\rightarrow$  1, 6, 3





- Príklad 25:**  $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{S} + \text{HCl}$   
**Výsledok:** 2, 1  $\rightarrow$  2, 1, 2
- Príklad 26:**  $\text{NaI} + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{PbSO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 2, 1, 2  $\rightarrow$  1, 1, 1, 2
- Príklad 27:**  $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 1, 4  $\rightarrow$  1, 1, 2
- Príklad 28:**  $\text{KI} + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 2, 2, 2  $\rightarrow$  1, 2, 2, 2
- Príklad 29:**  $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{NO}$   
**Výsledok:** 3, 4, 7  $\rightarrow$  6, 4
- Príklad 30:**  $\text{Pb} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 3, 8  $\rightarrow$  3, 2, 4
- Príklad 31:**  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{SiO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{CaSiO}_3 + \text{CO} + \text{P}_4$   
**Výsledok:** 2, 6, 10  $\rightarrow$  6, 10, 1
- Príklad 32:**  $\text{Ti} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{TiCl}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 3, 4, 12  $\rightarrow$  3, 4, 8
- Príklad 33:**  $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{As}_2\text{O}_5 + \text{MnCl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 5, 4, 12  $\rightarrow$  5, 4, 4, 6
- Príklad 34:**  $\text{NaNO}_3 + \text{Hg} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Hg}_2\text{SO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 2, 6, 4  $\rightarrow$  1, 3, 2, 4
- Príklad 35:**  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 2, 3, 10  $\rightarrow$  2, 6, 8
- Príklad 36:**  $\text{HMnO}_4 + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 2, 5  $\rightarrow$  2, 1, 3
- Príklad 37:**  $\text{Ag} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}$   
**Výsledok:** 3, 4  $\rightarrow$  3, 2, 1
- Príklad 38:**  $\text{KIO}_3 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 1, 5, 3  $\rightarrow$  3, 3, 3
- Príklad 39:**  $\text{Ag} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
**Výsledok:** 2, 2  $\rightarrow$  1, 1, 2
- Príklad 40:**  $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HClO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$   
**Výsledok:** 3, 14, 18  $\rightarrow$  6, 9, 14
- Príklad 41:**  $\text{Ag}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$



**Výsledok:** 1, 4 → 2, 2, 1, 2

**Príklad 42:**  $\text{KMnO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaMnO}_4 + \text{O}_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 4, 2, 2 → 4, 1, 4, 2

**Príklad 43:**  $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 3, 14 → 3, 3, 8, 4

**Príklad 44:**  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{N}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 1, 2 → 1, 1, 2, 4

**Príklad 45:**  $\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 6, 2, 3 → 3, 2, 4

**Príklad 46:**  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{CO}_2$

**Výsledok:** 4, 8, 7 → 2, 8, 8

**Príklad 47:**  $\text{FeCl}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{Cl}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 1, 4 → 1, 1, 1, 2

**Príklad 48:**  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 2, 5 → 2, 1, 2, 3

**Príklad 49:**  $\text{NaI} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 2, 3, 1 → 2, 1, 1, 2

**Príklad 50:**  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{Na}_2\text{SnO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Bi} + \text{Na}_2\text{SnO}_3 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 2, 3, 6 → 2, 3, 6, 3

**Príklad 51:**  $\text{FeSO}_4 + \text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 10, 2, 5 → 1, 5, 6

**Príklad 52:**  $\text{KNO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 3, 1, 8 → 5, 2, 4

**Príklad 53:**  $\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 6, 1, 3 → 3, 1, 3

**Príklad 54:**  $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 2, 1 → 3, 3

**Príklad 55:**  $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

**Výsledok:** 2, 16 → 5, 2, 2, 8

**Príklad 56:**  $\text{FeS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$

**Výsledok:** 4, 7 → 2, 4

**Príklad 57:**  $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_4$

**Výsledok:** 4 → 1, 3

