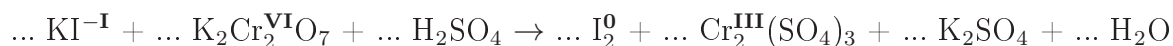
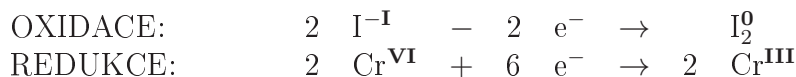


## 2.15 Vyčíslování chemických rovnic redoxních reakcí

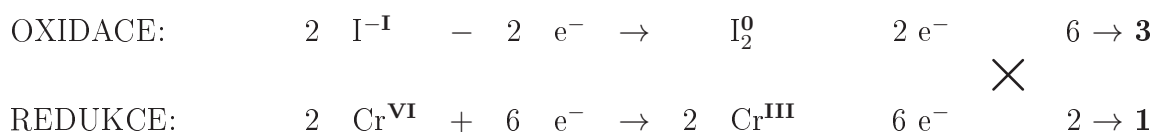
- K atomům prvků, u kterých se v rámci reakce mění oxidační čísla, se tato oxidační čísla uvedou:



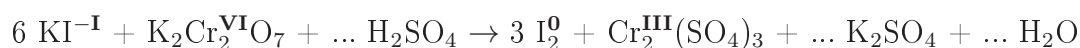
- Vypíšu se rovnice poloreakcí, tedy rovnice přesunu elektronů mezi konkrétními atomy. Jsou-li ještě před vyčíslením rovnice rozdílné počty atomů těchto prvků na jejich obou stranách (v tomto případě u atomu jodu I), musí se počty těchto atomů vyrovnat jejich přidáním na té straně rovnice, kde jich je méně:



- V rámci jedné reakce se musí přesouvat stejný počet elektronů. Za tímto účelem je zapotřebí aplikovat křížové pravidlo a počty přesouvaných elektronů pomocí křížového pravidla u oxidovaných a redukovaných elektronů zaměnit. Jsou-li tato čísla soudělná, je možné je zkrátit:



- Vypočítané hodnoty koeficientů se doplní k patřičným chemickým prvkům (3 k jodu I, 1 k chromu Cr) do chemické rovnice. Počet molekul KI na levé straně rovnice se vynásobí ještě dvojkou, neboť na začátku vyčíslování vstupoval do rovnic poloreakcí dvojnásobný počet atomů jodu na levé straně rovnice:



- Chemická rovnice se dále dovyčíslí například na základě znalosti počtu atomů draslíku K na levé straně rovnice, následně ze znalosti počtu atomů síry S na pravé straně rovnice a poté se již jen dopočítá počet molekul vody:



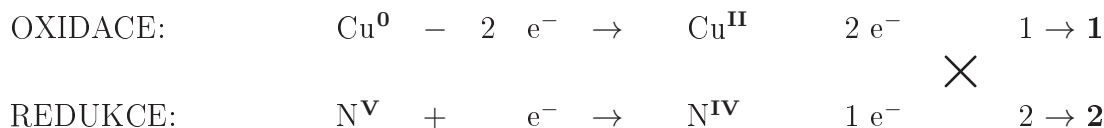
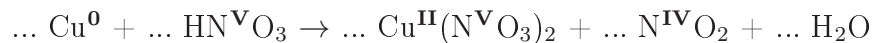
### Úlohy k řešení:

1. ...  $\text{CaSO}_4 + \dots \text{C} \rightarrow \dots \text{CaO} + \dots \text{SO}_2 + \dots \text{CO}_2$
2. ...  $\text{Se} + \dots \text{HNO}_3 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{H}_2\text{SeO}_3 + \dots \text{NO}$
3. ...  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \dots \text{NaNO}_3 + \dots \text{NaOH} \rightarrow \dots \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \dots \text{NaNO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
4. ...  $\text{FeCl}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}_2 + \dots \text{HCl} \rightarrow \dots \text{FeCl}_3 + \dots \text{H}_2\text{O}$
5. ...  $\text{Si} + \dots \text{MgO} + \dots \text{CaO} \rightarrow \dots \text{CaSiO}_3 + \dots \text{Mg}$
6. ...  $\text{SO}_2 + \dots \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O}$
7. ...  $\text{KClO}_3 \rightarrow \dots \text{KCl} + \dots \text{O}_2$
8. ...  $\text{V}_2\text{O}_5 + \dots \text{Si} + \dots \text{CaO} \rightarrow \dots \text{V} + \dots \text{CaSiO}_3$
9. ...  $\text{Br}_2 + \dots \text{HClO} + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{HBrO}_3 + \dots \text{HCl}$
10. ...  $\text{HNO}_3 + \dots \text{H}_2\text{S} \rightarrow \dots \text{NO} + \dots \text{S} + \dots \text{H}_2\text{O}$
11. ...  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \dots \text{Cr}_2\text{O}_3 + \dots \text{N}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
12. ...  $\text{H}_2\text{O}_2 + \dots \text{Ca}(\text{ClO})_2 \rightarrow \dots \text{O}_2 + \dots \text{CaCl}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
13. ...  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \dots \text{I}_2 \rightarrow \dots \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + \dots \text{NaI}$
14. ...  $\text{FeSO}_4 + \dots \text{KMnO}_4 + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots \text{MnSO}_4 + \dots \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O}$
15. ...  $\text{As} + \dots \text{NaClO} + \dots \text{NaOH} \rightarrow \dots \text{Na}_3\text{AsO}_4 + \dots \text{NaCl} + \dots \text{H}_2\text{O}$
16. ...  $\text{As}_4\text{O}_6 + \dots \text{Zn} + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{AsH}_3 + \dots \text{ZnSO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O}$
17. ...  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + \dots \text{NH}_3 \rightarrow \dots \text{N}_2 + \dots (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
18. ...  $\text{NaHSO}_3 + \dots \text{Zn} + \dots \text{SO}_2 \rightarrow \dots \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \dots \text{ZnSO}_3 + \dots \text{H}_2\text{O}$
19. ...  $\text{Au} + \dots \text{O}_2 + \dots \text{NaCN} + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2] + \dots \text{NaOH}$
20. ...  $\text{HNO}_2 + \dots \text{SO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{NH}_2\text{OH} + \dots \text{H}_2\text{SO}_4$
21. ...  $\text{KIO}_3 + \dots \text{KOH} + \dots \text{Cl}_2 \rightarrow \dots \text{K}_5\text{IO}_6 + \dots \text{KCl} + \dots \text{H}_2\text{O}$
22. ...  $\text{HI} + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{S} + \dots \text{I}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
23. ...  $\text{As}_2\text{O}_3 + \dots \text{Br}_2 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{H}_3\text{AsO}_4 + \dots \text{HBr}$

24. ...  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \dots \text{HCl} + \dots \text{KI} \rightarrow \dots \text{I}_2 + \dots \text{CrCl}_3 + \dots \text{KCl} + \dots \text{H}_2\text{O}$
25. ...  $\text{KMnO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O}_2 + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{MnSO}_4 + \dots \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O} + \dots \text{O}_2$
26. ...  $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \dots \text{H}_2\text{O} + \dots \text{O}_2 \rightarrow \dots \text{Fe}(\text{OH})_3$
27. ...  $\text{PbS} + \dots \text{HNO}_3 \rightarrow \dots \text{PbSO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O} + \dots \text{NO}_2$
28. ...  $\text{NH}_3 + \dots \text{O}_2 \rightarrow \dots \text{N}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
29. ...  $\text{Sn} + \dots \text{NaOH} + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6] + \dots \text{H}_2$
30. ...  $\text{Al} + \dots \text{KOH} + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \dots \text{H}_2$
31. ...  $\text{Al} + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots \text{SO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
32. ...  $\text{KMnO}_4 + \dots \text{KBr} + \dots \text{HCl} \rightarrow \dots \text{Br}_2 + \dots \text{MnCl}_2 + \dots \text{KCl} + \dots \text{H}_2\text{O}$
33. ...  $\text{HNO}_3 + \dots \text{SO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots \text{NO}$
34. ...  $\text{SO}_2 + \dots \text{HI} \rightarrow \dots \text{S} + \dots \text{I}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
35. ...  $\text{S} + \dots \text{HNO}_3 \rightarrow \dots \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots \text{NO}$
36. ...  $\text{Si} + \dots \text{NaOH} + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \dots \text{H}_2$
37. ...  $\text{Na} + \dots \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \dots \text{Al} + \dots \text{Na}_2\text{SO}_4$
38. ...  $\text{TeO}_2 + \dots \text{KMnO}_4 + \dots \text{HNO}_3 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{H}_6\text{TeO}_6 + \dots \text{KNO}_3 + \dots \text{Mn}(\text{NO}_3)_2$
39. ...  $\text{Se} + \dots \text{HNO}_3 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{H}_2\text{SeO}_3 + \dots \text{NO}$
40. ...  $\text{As} + \dots \text{HNO}_3 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{H}_3\text{AsO}_4 + \dots \text{NO}$
41. ...  $\text{I}_2 + \dots \text{HNO}_3 \rightarrow \dots \text{HIO}_3 + \dots \text{NO} + \dots \text{H}_2\text{O}$
42. ...  $\text{H}_2\text{S} + \dots \text{HIO}_3 \rightarrow \dots \text{S} + \dots \text{I}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
43. ...  $\text{I}_2 + \dots \text{Cl}_2 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{HIO}_3 + \dots \text{HCl}$
44. ...  $\text{AsH}_3 + \dots \text{HNO}_3 \rightarrow \dots \text{H}_3\text{AsO}_4 + \dots \text{NO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
45. ...  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \dots \text{KNO}_3 + \dots \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots \text{K}_2\text{CrO}_4 + \dots \text{CO}_2 + \dots \text{KNO}_2$
46. ...  $\text{BiCl}_3 + \dots \text{SnCl}_2 \rightarrow \dots \text{Bi} + \dots \text{SnCl}_4$
47. ...  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \dots \text{H}_2\text{S} + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots \text{S} + \dots \text{H}_2\text{O}$
48. ...  $\text{HgS} + \dots \text{HNO}_3 + \dots \text{HCl} \rightarrow \dots \text{HgCl}_2 + \dots \text{S} + \dots \text{NO} + \dots \text{H}_2\text{O}$
49. ...  $\text{FeSO}_4 + \dots \text{HNO}_3 + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots \text{NO} + \dots \text{H}_2\text{O}$
50. ...  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots \text{Cl}_2 + \dots \text{NaOH} \rightarrow \dots \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \dots \text{Na}_2\text{SO}_4 + \dots \text{NaCl} + \dots \text{H}_2\text{O}$
51. ...  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \dots \text{Cl}_2 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{NaHSO}_4 + \dots \text{HCl}$
52. ...  $\text{KMnO}_4 + \dots \text{KI} + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{MnSO}_4 + \dots \text{I}_2 + \dots \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O}$
53. ...  $\text{KBr} + \dots \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \dots \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots \text{Br}_2 + \dots \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O}$
54. ...  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + \dots \text{NH}_3 \rightarrow \dots \text{N}_2 + \dots (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
55. ...  $\text{As} + \dots \text{HNO}_3 + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{H}_3\text{AsO}_4 + \dots \text{NO}$

### 2.15.1 Chemické rovnice reakcí, u kterých se některý prvek oxiduje/redukuje pouze zčásti

- Vyčíslování rovnice se zahájí opět výpisem rovnic poloreakcí:



- Koeficient u dusíku N, tj. 1, se doplní pouze před vzorec oxidu dusičitého  $\text{NO}_2$ , neboť jen v případě této sloučeniny dochází ke změně oxidačního čísla zmíněného prvku. Koeficient, který bude uveden před vzorcem kyseliny dusičné  $\text{HNO}_3$  se vypočítá z celkového počtu atomů dusíku N na pravé straně rovnice:



- Nakonec se již jen dopočítá počet molekul vody, například ze znalosti počtu atomů vodíku H na levé straně rovnice:

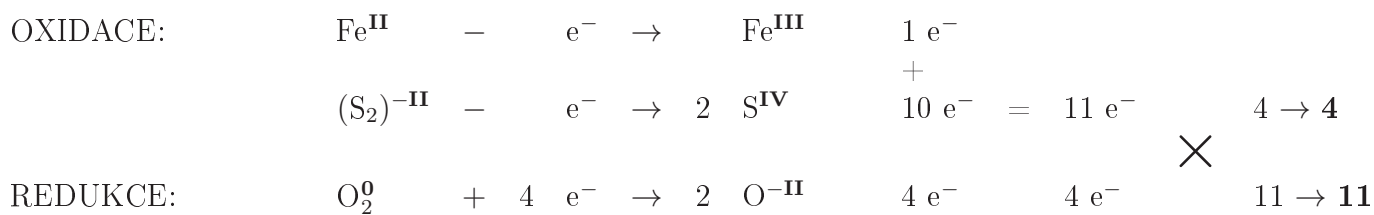
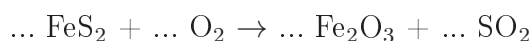


## Úlohy k řešení:

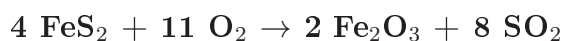
1. ... Cu + ... HNO<sub>3</sub> → ... Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ... NO + ... H<sub>2</sub>O
2. ... Zn + ... HNO<sub>3</sub> → ... Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ... NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> + ... H<sub>2</sub>O
3. ... NaI + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → ... I<sub>2</sub> + ... Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>S + ... H<sub>2</sub>O
4. ... Ag + ... HNO<sub>3</sub> → ... AgNO<sub>3</sub> + ... NO + ... H<sub>2</sub>O
5. ... CuS + ... HNO<sub>3</sub> → ... Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ... S + ... NO + ... H<sub>2</sub>O
6. ... PbO<sub>2</sub> + ... HCl → ... PbCl<sub>2</sub> + ... Cl<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O
7. ... Cu + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → ... CuSO<sub>4</sub> + ... SO<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O
8. ... Ag + ... HNO<sub>3</sub> → ... AgNO<sub>3</sub> + ... NO + ... H<sub>2</sub>O
9. ... Hg + ... HNO<sub>3</sub> → ... Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ... NO + ... H<sub>2</sub>O
10. ... FeS<sub>2</sub> + ... HNO<sub>3</sub> → ... Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + ... NO + ... H<sub>2</sub>O
11. ... HNO<sub>3</sub> + ... HCl → ... NOCl + ... Cl<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O
12. ... Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> + ... HNO<sub>3</sub> → ... HgCl<sub>2</sub> + ... Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ... NO + ... H<sub>2</sub>O
13. ... Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + ... HNO<sub>3</sub> → ... PbO<sub>2</sub> + ... Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>
14. ... K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> + ... HCl → ... KCl + ... CrCl<sub>3</sub> + ... Cl<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O
15. ... Cd + ... HNO<sub>3</sub> → ... Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ... NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> + ... H<sub>2</sub>O
16. ... KMnO<sub>4</sub> + ... HCl → ... KCl + ... MnCl<sub>2</sub> + ... Cl<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O

### 2.15.2 Chemické rovnice reakcí, u kterých se oxiduje/redukuje více prvků

- Vyčíslování rovnice se zahájí opět výpisem rovnic poloreakcí. Počty přesunovaných elektronů se sečtou u všech reakcí, u kterých dochází k témuž oxidačně-redukčnímu ději:



- Vypočítané koeficienty se již jen doplní do předpisu chemické rovnice, čímž se dovyčíslí:

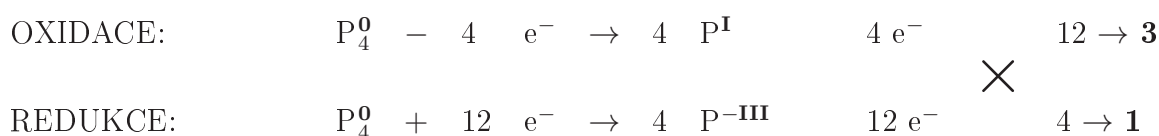
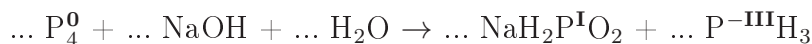


## Úlohy k řešení:

1. ... SnS + ... H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + ... NaOH → ... Na<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub> + ... Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>O
2. ... As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> + ... HNO<sub>3</sub> → ... H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + ... NO<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O
3. ... FeS<sub>2</sub> + ... Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → ... Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + ... Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + ... Na<sub>2</sub>O
4. ... FeS<sub>2</sub> + ... O<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O → ... FeSO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
5. ... KNO<sub>3</sub> + ... S + ... C → ... K<sub>2</sub>S + ... N<sub>2</sub> + ... CO<sub>2</sub>
6. ... NH<sub>3</sub> + ... O<sub>2</sub> → ... NO + ... H<sub>2</sub>O

### 2.15.3 Chemické rovnice disproportionačních/ synproportionačních reakcí

- Vyčíslování rovnice se zahájí opět výpisem rovnic poloreakcí:



- Vypočítané hodnoty koeficientů se doplní k odpovídajícím sloučeninám na pravé straně rovnice (v případě synproporcionálních reakcí na levé straně rovnice), přičemž se nezapomene na pětinašobek počtu atomů fosforu P na pravé straně rovnice poloreakcí, a rovnice se poté dovyčíslí:

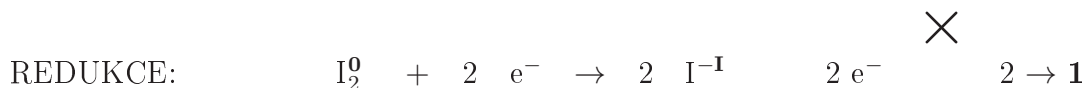
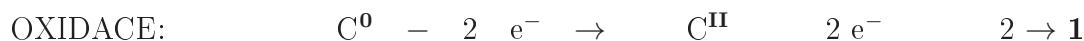
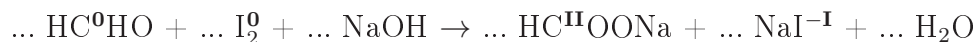


### Úlohy k řešení:

1. ... NaOH + ... Cl<sub>2</sub> → ... NaClO<sub>3</sub> + ... NaCl + ... H<sub>2</sub>O
2. ... AgClO → ... AgCl + ... AgClO<sub>3</sub>
3. ... H<sub>2</sub>S + ... SO<sub>2</sub> → ... S + ... H<sub>2</sub>O
4. ... S + ... KOH → ... K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + ... K<sub>2</sub>S + ... H<sub>2</sub>O
5. ... BrF<sub>3</sub> + ... H<sub>2</sub>O → ... Br<sub>2</sub> + ... HBrO<sub>3</sub> + ... HF
6. ... KClO<sub>3</sub> + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → ... HClO<sub>4</sub> + ... ClO<sub>2</sub> + ... KHSO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>O
7. ... Br<sub>2</sub> + ... KOH → ... KBr + ... KBrO<sub>3</sub> + ... H<sub>2</sub>O
8. ... Cl<sub>2</sub> + ... NaOH → ... NaCl + ... NaClO + ... H<sub>2</sub>O
9. ... I<sub>2</sub> + ... Ba(OH)<sub>2</sub> → ... BaI<sub>2</sub> + ... Ba(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O
10. ... ClO<sub>2</sub> + ... NaOH → ... NaClO<sub>3</sub> + ... NaClO<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O
11. ... P<sub>4</sub> + ... Ba(OH)<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O → ... PH<sub>3</sub> + ... Ba(H<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>
12. ... KClO<sub>3</sub> → ... KClO<sub>4</sub> + ... KCl
13. ... NaIO<sub>3</sub> + ... NaI + ... HCl → ... I<sub>2</sub> + ... NaCl + ... H<sub>2</sub>O
14. ... H<sub>2</sub>S + ... H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> → ... S + ... H<sub>2</sub>O
15. ... KBrO<sub>3</sub> + ... KBr + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → ... Br<sub>2</sub> + ... K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>O

### 2.15.4 Chemické rovnice organických reakcí

- Vyčíslování rovnice se zahájí opět výpisem rovnic poloreakcí, přičemž oxidační čísla atomů v organických sloučeninách je nejvhodnější stanovit ze strukturního vzorce dané látky:



- Do schématu reakce se doplní vypočítané koeficienty, přičemž u vzorce jodidu sodného NaI se udává dvojnásobek vypočítané hodnoty vzhledem k tomu, že byl počet atomů jodu I v rovnicích poloreakcí vynásoben dvěma:



### Úlohy k řešení:

1. ... C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub> + ... Fe + ... HCl → ... C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub> + ... FeCl<sub>3</sub> + ... H<sub>2</sub>O
2. ... (COOH)<sub>2</sub> + ... KMnO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → ... CO<sub>2</sub> + ... MnSO<sub>4</sub> + ... K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>O
3. ... (COOH)<sub>2</sub> + ... MnO<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → ... MnSO<sub>4</sub> + ... CO<sub>2</sub> + ... H<sub>2</sub>O
4. ... C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> + ... KMnO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → ... CO<sub>2</sub> + ... MnSO<sub>4</sub> + ... KHSO<sub>4</sub> + ... H<sub>2</sub>O