REDOKS REAKCIJE

1. oksidacija i redukcija

- kemijske reakcije u kojima dolazi do izmjene elektrona između dva redoks-sustava
- dvije parcijalne (polu) reakcije
- redukcija primanje elektrona, oksidacijski broj se snizuje

$$oks_1 + e^- \rightarrow red_1$$

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

- oksidacija otpuštanje elektrona, oksidacijski broj se povisuje

$$red_2 \rightarrow oks_2 + e^-$$

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

- svaki proces oksidacije prati proces redukcije zato takve reakcije skraćeno nazivamo ***redoks-reakcijama***
- zbirna redoks reakcija predstavlja zbroj parcijalnih reakcija

$$oks_1 + red_2 \rightarrow oks_2 + red_1$$

$$Cu^{2+} + Zn \rightarrow Cu + Zn^{2+}$$

2. oksidacijska i redukcijska sredstva

- **oksidacijsko sredstvo - tvar koja prima elektrone i time se reducira**

- **redukcijsko sredstvo – tvar koja daje elektrone i time se oksidira**

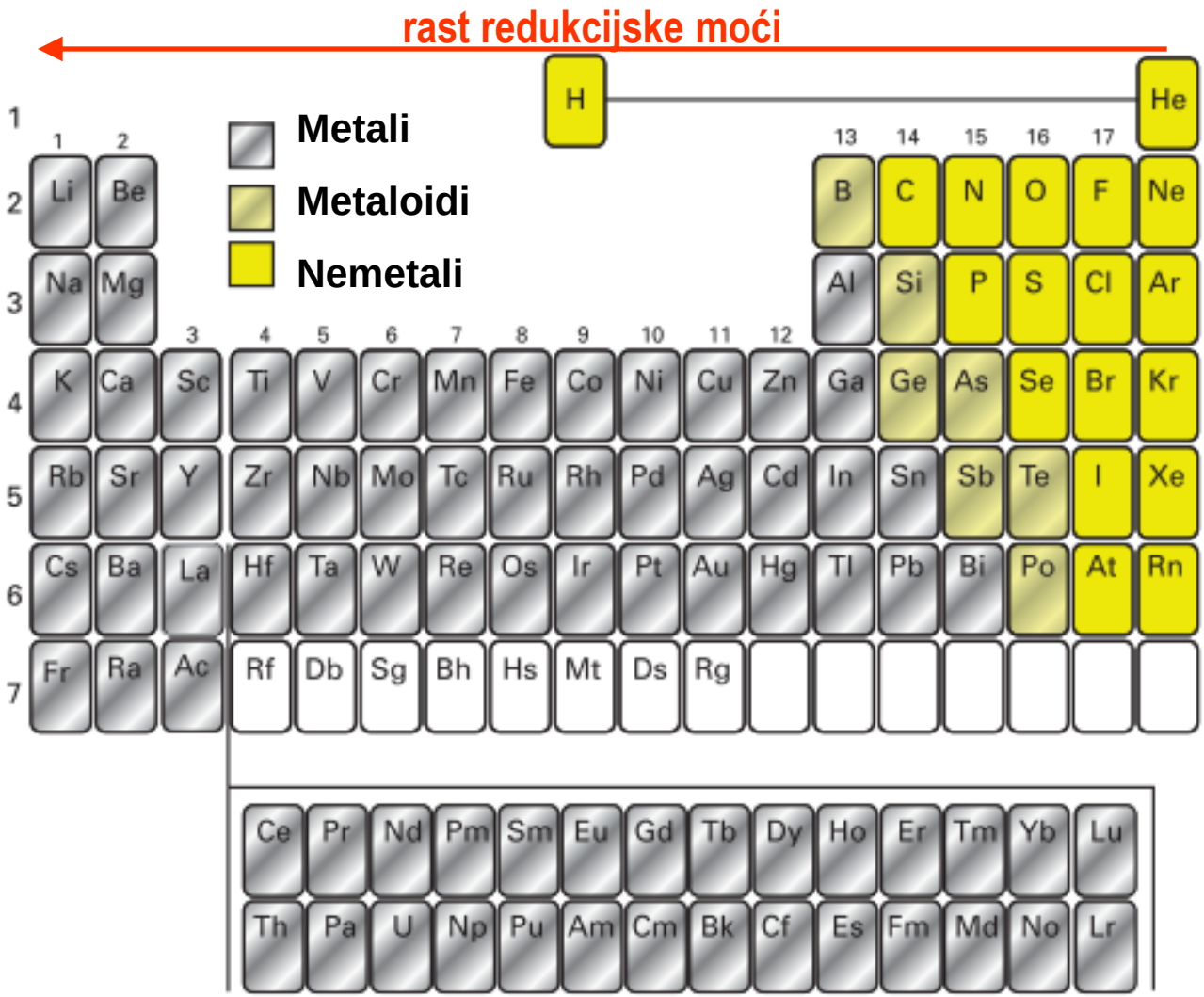
$$oks_1 + red_2 \rightarrow oks_2 + red_1$$
$$Cu^{2+} + Zn \rightarrow Cu + Zn^{2+}$$

- **što je veći afinitet za elektrone oksidiranog oblika redoks sustava to je jače oksidacijsko sredstvo, tj. ima veću oksidacijsku moć**

- **što je manji afinitet za elektrone reduciranog oblika redoks sustava to je jače redukcijsko sredstvo**

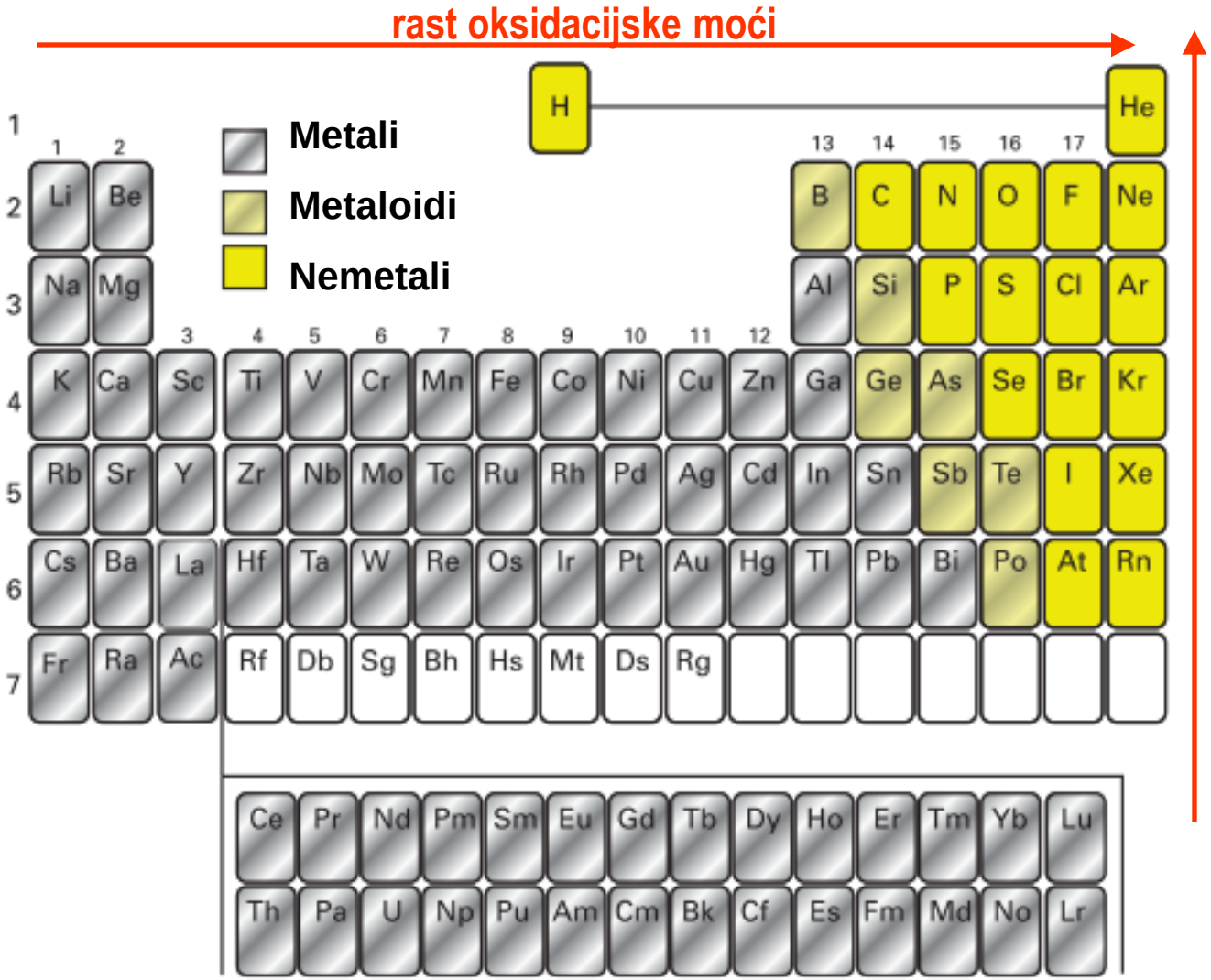
3. redukcijska sredstva

- **metali – mala elektronegativnost, mali afinitet za elektronima → jaka redukcijska sredstva**



4. oksidacijska sredstva

- <u>nemetali</u> – velika elektronegativnost, veliki afinitet za elektronima → <u>jaka oksidacijska sredstva</u>



5. uravnoteživanje redoks jednadžbi

Primjer 1.: **Oksidacijom telurijeva(IV) oksida s dikromatom u dušičnoj kiselini nastaje vodikov heksaoksotelurat(VI) i kromov(III) kation.**

$$TeO_2 + Cr_2O_7^{2-} \rightleftharpoons H_6TeO_6 + Cr^{3+}$$

5.1. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 1

Napišu se svi reaktanti i produkti kemijske reakcije.

$$TeO_2 + Cr_2O_7^{2-} \rightleftharpoons H_6TeO_6 + Cr^{3+}$$

5.2. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 2

a) Odrede se stupnjevi oksidacije pojedinih elemenata.

Ukoliko nije došlo do promjene stupnja oksidacije prijeđe se na 3. korak. U našem primjeru vidimo da se telurij oksidirao, a krom reducirao.

$$\overset{+4\ -2}{TeO_2} + \overset{+6\ -2}{Cr_2O_7^{2-}} \rightleftharpoons \overset{+1\ +6\ -2}{H_6TeO_6} + \overset{+3}{Cr^{3+}}$$

5.2. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 2

b) Napišu se redoks parovi parcijalnih reakcija oksidacije i redukcije

Oksidacija: $\overset{+4\ -2}{TeO_2} \rightleftharpoons \overset{+1\ +6\ -2}{H_6TeO_6}$

Redukcija: $\overset{+6\ -2}{Cr_2O_7^{2-}} \rightleftharpoons \overset{+3}{2Cr^{3+}}$

5.2. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 2

c) Napiše se prijelaz elektrona parc. reakcija oksidacije i redukcije.

OKSIDACIJA:

Telurij se oksidirao od stanja +4 do stanja +6 i imamo prijelaz od 2 elektrona

$$\text{O:}\quad \overset{+4\ \ -2}{TeO_2} \rightleftharpoons \overset{+1\ \ +6\ \ -2}{H_6TeO_6} + 2e^-$$

REDUKCIJA:

Krom se reducirao i iz stupnja oksidacije +6 prešao u stupanj oksidacije +3. Imamo prijelaz od 3 elektrona za svaki atom kroma što je ukupno iznosi 2×3 = 6 elektrona.

$$\text{R:}\quad \overset{+6\ \ -2}{Cr_2O_7^{2-}} + 6e^- \rightleftharpoons 2\overset{+3}{Cr^{3+}}$$

5.2. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 2

d) Izjednače se naboji na lijevoj i desnoj strani parcijalnih reakcija.

Suma naboja na lijevoj strani parcijalne reakcije oksidacije je 0, a na desnoj strani imamo ukupno 2 negativna naboja (-2). Kako se u kiselom mediju naboji izjednačavaju dodavanjem H^+ iona na stranu na kojoj su napisani elektroni, tako ćemo na desnu stranu dodati 2 pozitivna naboja (2 - 2 = 0), odnosno 2 H^+ iona.

$$\text{O:}\quad \overset{+4\ -2}{TeO_2} \rightleftharpoons \overset{+1\ +6\ -2}{H_6TeO_6} + 2e^- + 2H^+$$

Kako na lijevoj strani parcijalne reakcije redukcije imamo višak od 8 negativnih naboja (-8), a na desnoj strani višak od 6 pozitivnih naboja (+6) to ćemo, da bi i lijeva strana imala višak od 6 pozitivnih naboja, dodati 14 pozitivnih naboja (14 - 8 = 6), odnosno 14 H^+ iona.

$$\text{R:}\quad \overset{+6\ -2}{Cr_2O_7^{2-}} + 6e^- + 14H^+ \rightleftharpoons \overset{+3}{2Cr^{3+}}$$

5.2. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 2

e) Provjerimo da li je broj atoma vodika ili kisika na lijevoj strani jednak njihovom broju na desnoj strani.

Kod parcijalne reakcije oksidacije na lijevoj strani imamo 2 atoma kisika, a na desnoj 6 atoma kisika pa ćemo dodati na lijevu stranu <u>4 molekule vode</u>.

$$\text{O:}\quad \overset{+4\ -2}{TeO_2} + 4H_2O \rightleftharpoons \overset{+1\ +6\ -2}{H_6TeO_6} + 2e^- + 2H^+$$

Kod parcijalne reakcije redukcije imamo na lijevoj strani 7 atoma kisika, a na desnoj niti jedan, pa ćemo na desnu stranu dodati <u>7 molekula vode</u>.

$$\text{R:}\quad \overset{+6\ -2}{Cr_2O_7^{2-}} + 6e^- + 14H^+ \rightleftharpoons \overset{+3}{2Cr^{3+}} + 7H_2O$$

5.2. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 2

f) Parcijalne reakcije svedu se na isti prijelaz elektrona i zbroje.

Kako kod reakcije oksidacije imamo prijelaz od 2 elektrona, a kod redukcije prijelaz od 6 elektrona (3 po svakom atomu kroma) parcijalnu reakciju oksidacije pomnožimo sa 3 kako bi prijelaz elektrona bio isti (6).

O: $\overset{+4\ -2}{TeO_2} + 4H_2O \rightleftharpoons \overset{+1\ +6\ -2}{H_6TeO_6} + 2e^- + 2H^+ \quad \Big| \times 3$

R: $\overset{+6\ -2}{Cr_2O_7^{2-}} + 6e^- + 14H^+ \rightleftharpoons 2\overset{+3}{Cr^{3+}} + 7H_2O$

5.2. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 2

g) Zbroje se sve parcijalne reakcije oksidacije i redukcije.

O: $3TeO_2 + 12H_2O \rightleftharpoons 3H_6TeO_6 + 6e^- + 6H^+$

R: $Cr_2O_7^{2-} + 6e^- + 14H^+ \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$

+

$$3TeO_2 + Cr_2O_7^{2-} + 5H_2O + 8H^+ \rightleftharpoons 3H_6TeO_6 + 2Cr^{3+}$$

5.3. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 3

Provjeri se je li zbroj električnih naboja na lijevoj strani jednadžbe jednak zbroju električnih naboja na desnoj strani jednadžbe.

$$3TeO_2 + Cr_2O_7^{2-} + 5H_2O + 8H^+ \rightleftharpoons 3H_6TeO_6 + 2Cr^{3+}$$

NABOJ	LIJEVO	DESNO
+	8×1=8	2×3=6
-	2	0
UKUPNO	6+	6+

Suma naboja na lijevoj strani jednadžbe (6 pozitivnih naboja) odgovara sumi naboja na desnoj strani jednadžbe (6 pozitivnih naboja).

5.4. uravnoteživanje redoks jednadžbi - korak 4

Provjeri se je li broj pojedinih atoma na lijevoj strani jednadžbe jednak njihovom broju na desnoj strani jednadžbe.

$$3TeO_2 + Cr_2O_7^{2-} + 5H_2O + 8H^+ \rightleftharpoons 3H_6TeO_6 + 2Cr^{3+}$$

ELEMENT	LIJEVO	DESNO
Te	3	3
Cr	2	2
O	3×2+7+5=18	3×6=18
H	5×2+8=18	3×6=18

uravnotežena reakcija dobivanja vodikovog heksaoksotelurata(VI)

$$3TeO_2 + Cr_2O_7^{2-} + 5H_2O + 8H^+ \rightleftharpoons 3H_6TeO_6 + 2Cr^{3+}$$

Primjer 2.:

Laboratorijski se kromat (tetraoksokromat(VI)) **može dobiti oksidacijom kromita** (tetrahidroksokromata(III)) s **jodatom** (trioksojodat(V)) **u lužnatom mediju,** pri čemu nastaje i elementarni jod**.**

1. korak

Napišu se svi reaktanti i produkti kemijske reakcije.

$$Cr(OH)_4^- + IO_3^- \rightleftharpoons CrO_4^{2-} + I_2$$

2. korak

a) Odrede se stupnjevi oksidacije pojedinih elemenata.

Vidimo da se krom oksidirao, a jod reducirao.

$$\overset{+3}{Cr}(\overset{-2}{O}\overset{+1}{H})_4^- + \overset{+5}{I}\overset{-2}{O}_3^- + \rightleftharpoons \overset{+6}{Cr}\overset{-2}{O}_4^{2-} + \overset{0}{I_2}$$

b) Napišu se redoks parovi parcijalnih reakcija oksidacije i redukcije

$$\text{Oksidacija: } \overset{+3}{Cr}(\overset{-2}{O}\overset{+1}{H})_4^- \rightleftharpoons \overset{+6}{Cr}\overset{-2}{O}_4^{2-}$$

$$\text{Redukcija: } 2\,\overset{+5}{I}\overset{-2}{O}_3^- \rightleftharpoons \overset{0}{I_2}$$

c) Napiše se prijelaz elektrona parcijalnih reakcija oksidacije i redukcije.

Krom se oksidirao od stanja +3 do stanja +6 i imamo prijelaz od 3 elektrona

$$\text{O:}\quad \overset{+3}{Cr}(\overset{-2}{O}\overset{+1}{H})_4^- \rightleftharpoons \overset{+6}{Cr}\overset{-2}{O}_4^{2-} + 3e^-$$

Jod se reducirao i iz stupnja oksidacije +5 prešao u elementarno stanje (stupanj oksidacije 0). Imamo prijelaz od 5 elektrona za svaki atom joda što ukupno iznosi 2×5 = 10 elektrona.

$$\text{R:}\quad 2\,\overset{+5}{I}\overset{-2}{O}_3^- + 10e^- \rightleftharpoons \overset{0}{I_2}$$

d) Izjednače se naboji na lijevoj i desnoj strani parcijalnih reakcija.

Na lijevoj strani parcijalne reakcije oksidacije imamo 1 negativni naboj (-1), a na desnoj strani imamo 5 negativnih naboja (-5). Kako se u lužnatom mediju naboji izjednačavaju dodavanjem OH^- iona na suprotnu stranu od one na kojoj su napisani elektroni, na lijevu stranu ćemo dodati 4 negativna naboja, odnosno $4OH^-$ iona.

$$\text{O:}\quad \overset{+3}{Cr}(\overset{-2}{O}\overset{+1}{H})_4^- + 4OH^- \rightleftharpoons \overset{+6}{Cr}\overset{-2}{O}_4^{2-} + 3e^-$$

Kako na lijevoj strani parcijalne reakcije redukcije imamo 12 negativnih naboja (-12), a na desnoj strani nemamo ni jednu nabijenu česticu (0), na desnu stranu ćemo dodati 12 negativnih naboja, odnosno 12 OH^- iona.

$$\text{R:} \quad 2\,\overset{+5\ -2}{IO_3^-} + 10e^- \rightleftharpoons \overset{0}{I_2} + 12OH^-$$

e) Provjerimo da li je broj atoma vodika ili kisika na lijevoj strani jednak njihovom broju na desnoj strani.

Kod parcijalne reakcije oksidacije na lijevoj strani imamo 8 atoma kisika, a na desnoj 4 atoma kisika pa ćemo dodati na desnu stranu 4 molekule vode.

$$\text{O:}\quad \overset{+3}{Cr}(\overset{-2}{O}\overset{+1}{H})_4^- + 4OH^- \rightleftharpoons \overset{+6}{Cr}\overset{-2}{O}_4^{2-} + 3e^- + 4H_2O$$

Kod parcijalne reakcije redukcije imamo na lijevoj strani imamo 6 atoma kisika, a na desnoj 12 atoma kisika pa ćemo dodati na lijevu stranu 6 molekule vode.

$$\text{R:}\quad 2\,\overset{+5}{I}\overset{-2}{O}_3^- + 10e^- + 6H_2O \rightleftharpoons \overset{0}{I_2} + 12OH^-$$

f) Parcijalne reakcije svedu se na isti prijelaz elektrona i zbroje.

Kako kod reakcije oksidacije imamo prijelaz od 3 elektrona, a kod redukcije prijelaz od ukupno 10 elektrona (5 po svakom atomu joda) parcijalnu reakciju oksidacije pomnožimo sa 10, a parcijalnu reakciju redukcije pomnožimo sa 3 kako bi prijelaz elektrona bio isti (30).

$$\text{O:}\quad \overset{+3}{Cr}\overset{-2}{(O}\overset{+1}{H)_4^-} + 4OH^- \rightleftharpoons \overset{+6}{Cr}\overset{-2}{O_4^{2-}} + 3e^- + 4H_2O \quad \Big| \times 10$$

$$\text{R:}\quad 2\,\overset{+5}{I}\overset{-2}{O_3^-} + 10e^- \rightleftharpoons \overset{0}{I_2} + 12OH^- \quad \Big| \times 3$$

Zbroje se sve parcijalne reakcije oksidacije i redukcije.

O: $10Cr(OH)_4^- + 40OH^- \rightleftharpoons 10CrO_4^{2-} + 30e^- + 40H_2O$

R: $6\,IO_3^- + 30e^- + 18H_2O \rightleftharpoons 3I_2 + 36OH^-$

+

$$10Cr(OH)_4^- + 6IO_3^- + 4OH^- \rightleftharpoons 10CrO_4^{2-} + 3I_2 + 22H_2O$$

3. korak

Provjeri se je li zbroj električnih naboja na lijevoj strani jednadžbe jednak zbroju električnih naboja na desnoj strani jednadžbe.

$$10Cr(OH)_4^- + 6IO_3^- + 4OH^- \rightleftharpoons 10CrO_4^{2-} + 3I_2 + 22H_2O$$

NABOJ	LIJEVO	DESNO
+	0	0
-	10+6+4=20	10×2=20
UKUPNO	20-	20-

Suma naboja na lijevoj strani jednadžbe (20 negativnih naboja) odgovara sumi naboja na desnoj strani jednadžbe (20 negativnih naboja).

4. korak

Provjeri se je li broj pojedinih atoma na lijevoj strani jednadžbe jednak njihovom broju na desnoj strani jednadžbe.

$$10Cr(OH)_4^- + 6IO_3^- + 4OH^- \rightleftharpoons 10CrO_4^{2-} + 3I_2 + 22H_2O$$

ELEMENT	LIJEVO	DESNO
Cr	10	10
I	6	3×2=6
O	10×4+6×3+4=62	10×4+22=62
H	10×4+4=44	22×2=44

Uravnotežena reakcija dobivanja kromata

$$10Cr(OH)_4^- + 6IO_3^- + 4OH^- \rightleftharpoons 10CrO_4^{2-} + 3I_2 + 22H_2O$$