

**Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu**

Seminar 04

KEMIJSKE REAKCIJE
REDOKS REAKCIJE

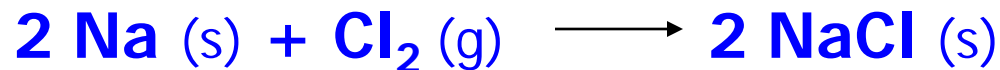
dr. sc. Biserka Tkalčec
dr. sc. Lidija Furač

KEMIJSKE REAKCIJE

- ❖ Kemijska reakcija: promjena kemijskih svojstava tvari koje međusobno reagiraju, npr.:

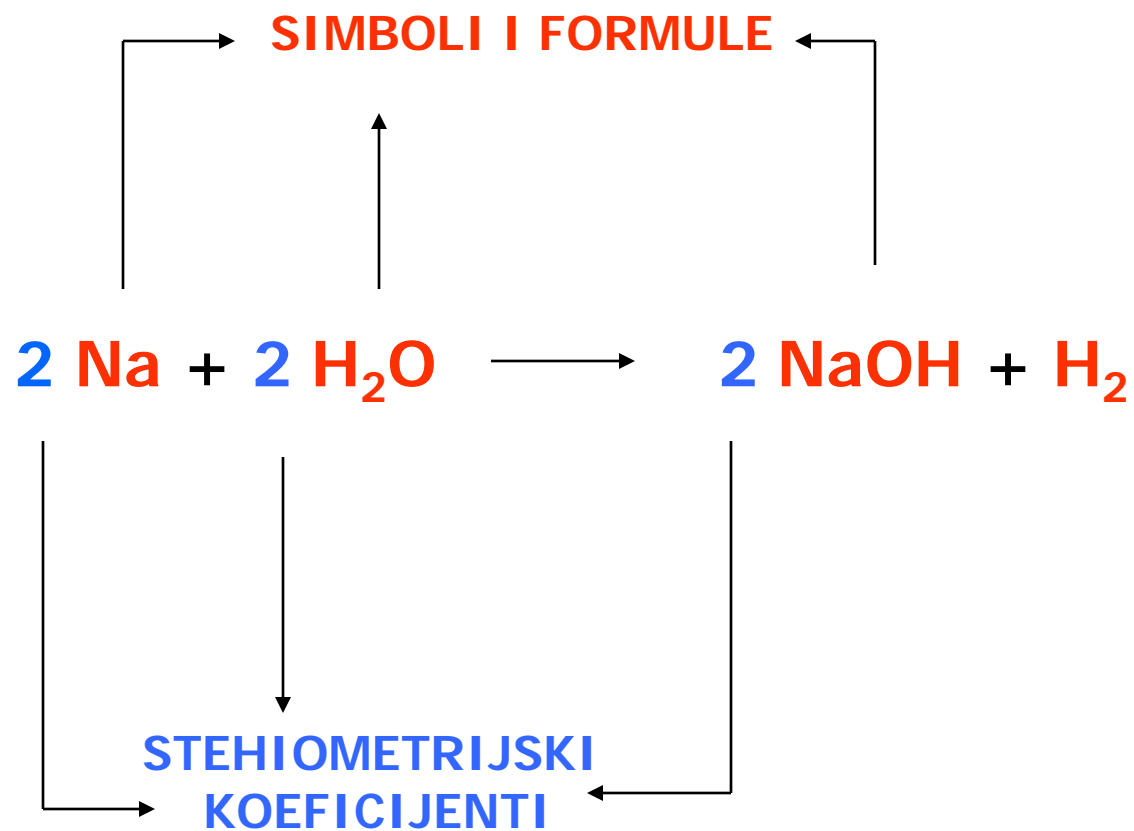


- ❖ Jednadžba kemijske reakcije: prikaz kemijske reakcije:



KEMIJSKE REAKCIJE

REAKTANTI \longrightarrow PRODUKTI



KEMIJSKE REAKCIJE

Ispravni prikaz kemijske reakcije mora zadovoljiti sljedeće uvjete:

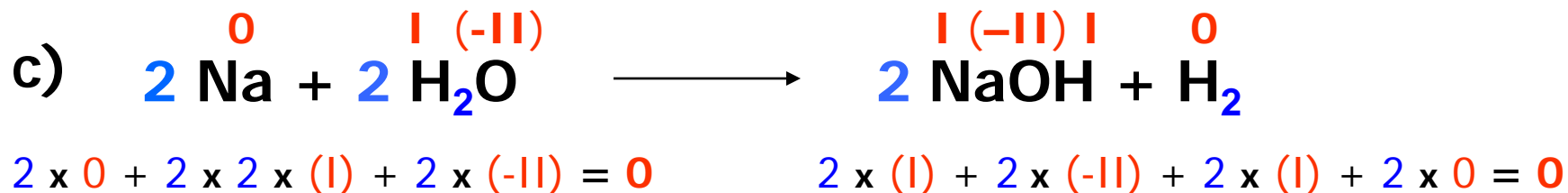
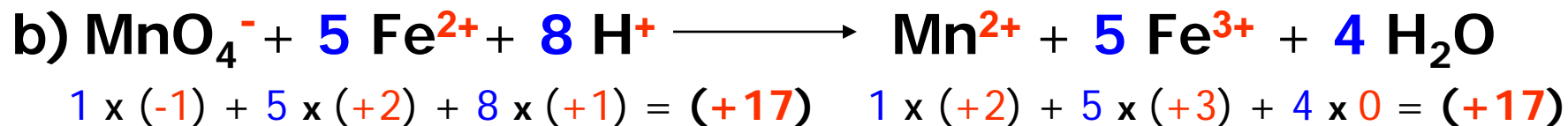
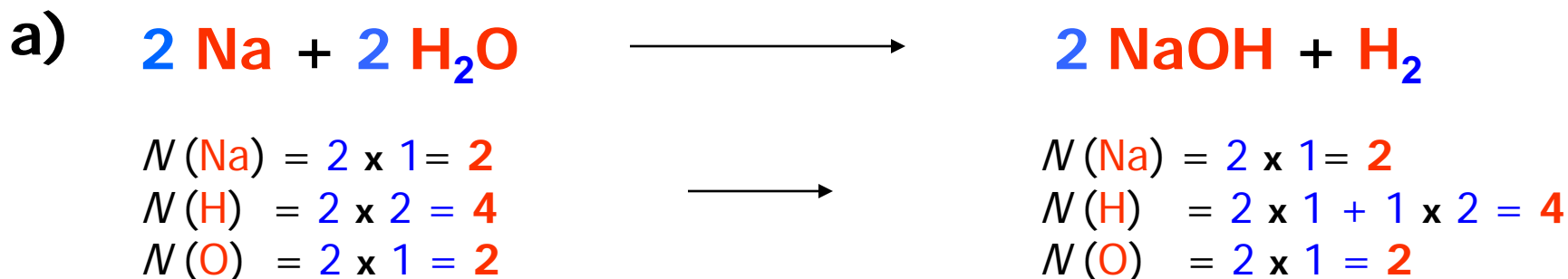
- a) materijalnu bilancu (stalnost broja atoma pojedinog elementa u kemijskoj reakciji)

- b) bilancu naboja (stalnost ukupnog naboja; zbroj nabojnih brojeva reaktanata = zbroju nabojnih brojeva produkata)

- c) bilancu oksidacijskih brojeva (stalnost zbroja oksidacijskih brojeva, tj. zbroj oksidacijskih brojeva reaktanata mora biti jednak zbroju oksidacijskih brojeva produkata)

KEMIJSKE REAKCIJE

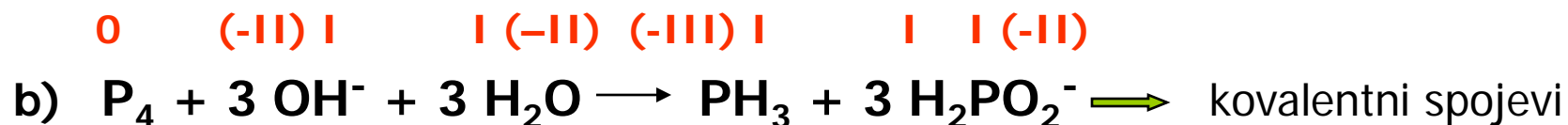
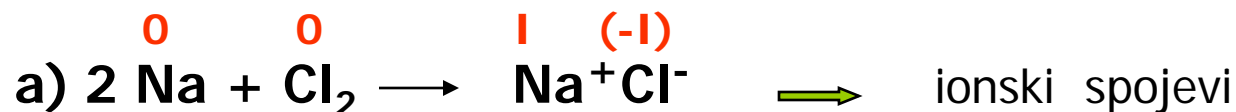
Primjeri uvjeta a), b) i c) :



KEMIJSKE REAKCIJE

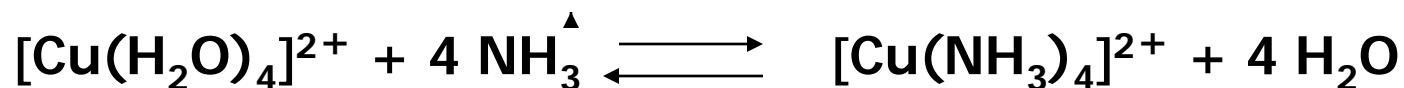
Vrste reakcija

1. **REDOKS REAKCIJE** : promjena oksidacijskog broja pojedinih atoma u reaktantima i produktima zbog a) izmjene elektrona (e^-) ili zbog b) premiještanja atoma i preraspodjele gustoće elektronskog oblaka u atomima molekula:



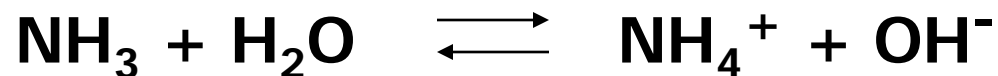
2. **KOMPLEKSNE REAKCIJE** :

- Reakcije nastajanja i raspada kompleksnih spojeva : izmjena liganda odnosno promjena koordinacijskog broja:

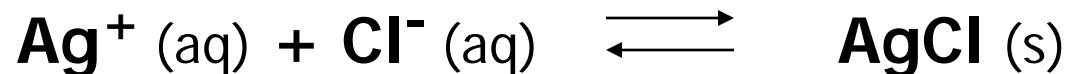


KEMIJSKE REAKCIJE

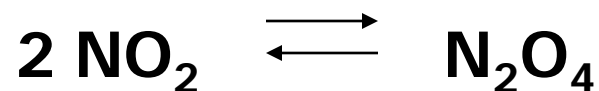
- Protolitičke reakcije : dolazi do prijenosa protona (ion vodika):







- Reakcije taloženja i otapanja :



3. REAKCIJE ASOCIJACIJE I DISOCIJACIJE: asocijacija i disocijacija molekula, atoma ili iona, npr:



KEMIJSKE REAKCIJE-REDOKS REAKCIJE-UVOD

1. ELEKTRONEGATIVNOST  snaga (jakost) kojom atom nekog elementa privlači elektrone u KEMIJSKOJ VEZI. Iskazuje se brojčano relativnim jedinicama na skali od 0,7 (Fr, Cs) do 4 (F), tj. koeficijentom relativne elektronegativnosti,  Linus Pauling.
- ❖ Veći koeficijent relativne elektronegativnosti  atom jače privlači elektrone u KEMIJSKOJ VEZI.
- ❖ (**VAŽNO!**  RAZLIKOVATI od pojma elektronski afinitet, koji predstavlja energiju koja se oslobađa ako pojedinačni atom u plinovitom stanju primi jedan elektron.)

2. OKSIDACIJSKI BROJ (IUPAC) nekog elementa u bilo kojoj kemijskoj jedinki jest broj (elementarnih) naboja koji bi ostali na promatranom atomu, ako bi se elektronski par svake veze koju taj atom stvara s atomom drugog elementa u toj kemijskoj jedinki, pripisao elektronegativnijem od ta dva atoma.

ILI

OKSIDACIJSKI BROJ (*stehimetrijska valencija*) nekog elementa je razlika između broja elektrona nekog atoma u njegovu elementarnom stanju i broja elektrona koje je taj atom dao ili primio vežući se s atomima nekog drugog elementa u molekulu ili ion.

VRIJEDNOST OKSIDACIJSKOG BROJA

- 0 → atom je u elementarnom stanju (*neutralnom*)
- + → manjak elektrona u atomu ili manja gustoća elektronskog oblaka oko jezgre atoma, s obzirom na broj elektrona ili gustoću elektronskog oblaka u neutralnom atomu
- → višak elektrona u atomu ili veća gustoća elektronskog oblaka oko jezgre atoma, s obzirom na broj elektrona ili gustoću elektronskog oblaka u neutralnom atomu

KEMIJSKE REAKCIJE-REDOKS REAKCIJE-UVOD

- ❖ U kemijskim spojevima se oksidacijski broj piše odmah iza imena elementa, u okrugloj zagradi, npr., željezov(II) klorid, željezov(III) klorid.
- ❖ U kemijskim jednadžbama koje prikazuju redoks reakcije, oksidacijski broj se piše iznad simbola elementa u formuli spoja. Pozitivni oksidacijski broj se piše bez predznaka, a negativnom oksidacijskom broju ispred rimskog broja piše predznak"-".
- ❖ Oksidacijski broj nekog elementa u bilo kojoj kemijskoj jedinki ovisi o elektronegativnosti atoma elemenata koji grade tu kemijsku jedinku i određuje se prema jednostavnim, dogovorenim pravilima.

KEMIJSKE REAKCIJE-REDOKS REAKCIJE-UVOD

1. Oksidacijski broj atoma ($\overset{0}{\text{Cu}}, \overset{0}{\text{Fe}}$) ili molekule u elementarnom stanju, bez obzira na složenost molekule (H_2, S_8) je **(0)**.
2. Oksidacijski broj vodika je uvijek **(I)**, osim u metalnim hidridima u kojima je **(-I)**, npr. $\overset{+1}{\text{Li}}\overset{-1}{\text{H}}$.
3. Oksidacijski broj kisika je uvijek **(-II)**, osim u peroksidima u kojima je **(-I)**, npr. $\overset{+1}{\text{H}}_2\overset{-1}{\text{O}}_2$ i u superoksidima u kojima je **(-1/2)**, npr. $\overset{+1}{\text{K}}_2\overset{-1/2}{\text{O}}$. U spojevima s najelektronegativnijim elementom fluorom je **(II)**.

KEMIJSKE REAKCIJE-REDOKS REAKCIJE-UVOD

4. Oksidacijski broj svih jednoatomnih iona (gradivne čestice ionskih spojeva) **jednak je naboju iona** (npr. u ionu Br^- oksidacijski broj broma je **(-I)**, a u ionu Cr^{3+} oksidacijski broj kroma je **(III)**; npr. u spoju kalcijevom kloridu, (CaCl_2) , oksidacijski broj kalcija je **(II)** jer je kalcijev atom iz valentne ljuske otpustio dva e^- , pri čemu je nastao ion Ca^{2+} , dok je oksidacijski broj klora (-I) jer je svaki klorov atom u svoju valentnu ljusku primio po jedan e^- , pri čemu su nastali ioni Cl^-).
5. Zbroj oksidacijskih brojeva svih atoma u neutralnoj molekuli ili formulskoj jedinki mora biti jednak nula ($\overset{+1}{\text{H}}\overset{(-1)}{\text{Cl}}\overset{+1}{\text{O}}$, $\overset{+1}{\text{Na}}\overset{-1}{\text{Cl}}$).

KEMIJSKE REAKCIJE-REDOKS REAKCIJE-UVOD

6. Zbroj oksidacijskih brojeva atoma u višeatomnim ionima mora biti jednak naboju iona (npr., SO_4^{2-} , sumpor je (VI), a kisik je (-II), pa slijedi da je:
 $1 \times (\text{VI}) + 4 \times (-\text{II}) = 2-$).
7. U kovalentnim spojevima oksidacijski broj nekog atoma jednak je zamišljenom naboju koji ostaje na tom atomu kada se zajednički elektronski parovi dodijele elektronegativnijem atomu (npr., PCl_3 , oksidacijski broj fosfora je (III), jer je njegov koef. elektroneg. 2,2; oksidacijski broj klor je (-I), jer je njegov koef. elektroneg. 3,2).

KEMIJSKE REAKCIJE-REDOKS REAKCIJE-UVOD

8. Oksidacijski broj **fluora (F)** je uvijek **(-I)** jer je fluor najelektronegativniji element.
9. Oksidacijski broj alkalijskih elemenata je uvijek **(I)**, a zemnoalkalijskih elemenata je uvijek **(II)**.

NAJVEĆA VRIJEDNOST POZITIVNOG I NEGATIVNOG OKSIDACIJSKOG BROJA

1. NAJVEĆI POZITIVNI oksidacijski broj ELEMENATA GLAVNIH SKUPINA (1., 2., 13. – 18.) u PSE jednak je zadnjoj znamenci broja skupine u kojoj se element nalazi (tj.: od skupine 13. – 18. = broj skupine – 10), tj. jednak je broju elektrona u vanjskoj ljusci atoma dotičnog elementa i NE MOŽE BITI VEĆI OD VIII (npr. XeO_6^{4-} ^{VIII (-II)}).
- (npr. klor je u 17. skupini PSE i u vanjskoj ljusci ima 7 elektrona, pa je njegov **najveći pozitivni** oksidacijski broj: $17 - 10 = \text{VII}$)

NAPOMENA:

NAJVEĆI POZITIVNI oksidacijski broj PRIJELAZNIH ELEMENATA

- od 3. do 7. skupine jednak je broju skupine
- od 8. – 11. skupine PSE se u periodama s lijeva na desno smanjuje, ali u skupini odozgo prema dolje raste i NAJVIŠE je VIII. (npr. $\text{OsO}_4 \longrightarrow \text{Os(VIII)}, \text{O}(-\text{II})$)
- lantanoidima je u pravilu III
- aktinoidima je od III do VI

KEMIJSKE REAKCIJE-REDOKS REAKCIJE-UVOD

2. NAJVEĆI NEGATIVNI oksidacijski broj ELEMENATA nekih GLAVNIH SKUPINA [14.(C, Si)-17.(osim F)] u PSE dobije se tako, da se od zadnje znamenke broja skupine u kojoj se element nalazi odbije broj 8, tj. da se od broja elektrona u vanjskoj ljusci atoma dotičnog elementa odbije broj 8.

(npr., dušik je u 15. skupini PSE i u vanjskoj ljusci ima 5 elektrona, pa je njegov **najveći negativni oksidacijski broj:**
 $5 - 8 = -III$).

NAJVEĆI BROJ ELEKTRONA U VANJSKOJ LJUSCI ATOMA ELEMENTA IZNOSI OSAM.

KEMIJSKE REAKCIJE-REDOKS REAKCIJE-UVOD

❖ OKSIDACIJA :

❖ uklanjanje elektrona (e^-) s neutralnog atoma, npr.:



ili iona, npr.: $\text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + e^-; \left[\text{Fe(II)} \longrightarrow \text{Fe(III)} \right]$

❖ ili smanjenje gustoće elektronskog oblaka oko jezgre atoma unutar molekule, npr. (*nepotpuna jednažba*):



ili iona, npr. (*nepotpuna jednažba*):



❖ **POSLJEDICA: POVEĆANJE OKSIDACIJSKOG BROJA ATOMA**

KEMIJSKE REAKCIJE-REDOKS REAKCIJE-UVOD

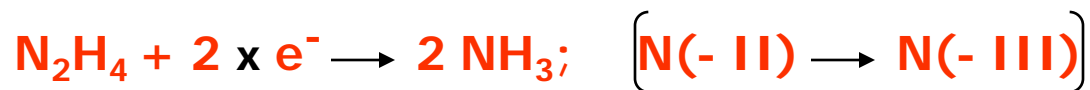
❖ REDUKCIJA :

❖ dodavanje elektrona (e^-) nekom neutralnom atomu, npr:

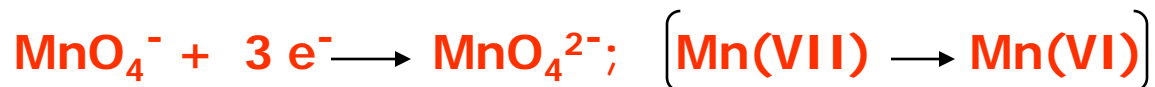


ili monoatomnom ionu, npr.: $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + e^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}; \quad [\text{Fe}(\text{III}) \longrightarrow \text{Fe}(\text{II})]$

❖ ili povećanje gustoće elektronskog oblaka oko jezgre atoma unutar molekule, npr. (*nepotpuna jednažba*):



ili iona, npr. (*nepotpuna jednažba*):



POSLJEDICA: SMANJENJE OKSIDACIJSKOG BROJA ATOMA

KEMIJSKE REAKCIJE - REDOKS REAKCIJE

REDOKS REAKCIJE su reakcije **OKSIDACIJE** i **REDUKCIJE** kod kojih dolazi do **potpunog** prijenosa elektrona (e^-) s atoma **manje elektronegativnosti** na atom **veće elektronegativnosti**, pri čemu nastaju **ionski spojevi**, ili do **djelomičnog** prijenosa elektrona (e^-), tako da je **gustoća** elektronskog oblaka **veća oko jezgre atoma** **veće elektronegativnosti**, a **manja oko jezgre atoma** **manje elektronegativnosti**, pri čemu nastaju **kovalentni spojevi**.

U OBA SE SLUČAJA MIJENJA OKSIDACIJSKI BROJ ATOMA

KEMIJSKE REAKCIJE – REDOKS REAKCIJE

JEDNADŽBA REDOKS REAKCIJE SE UVIJEK PIŠE KAO DA JE DOŠLO DO POTPUNOG PRIJELAZA ELEKTRONA

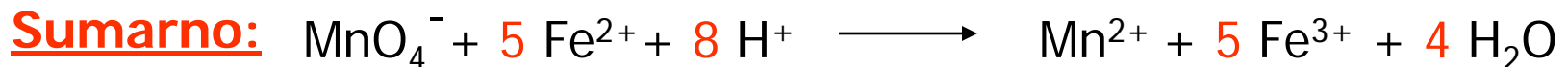
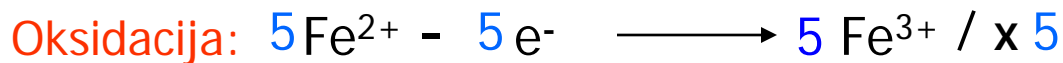
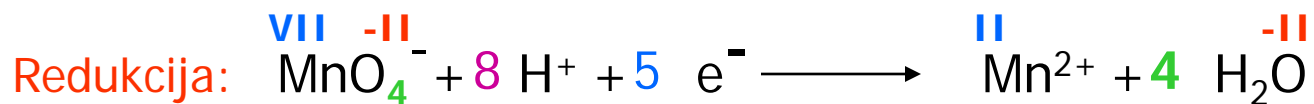
Redosljed koraka pri rješavanju redoks jednadžbe:

1. Odrediti oksidacijske brojeve svih atoma u **reaktantima** i **produktima** (molekule, ioni, jedno- ili višeatomni elementi)
2. Utvrditi koja vrsta (vrste) se oksidira , a koja se reducira
3. Izjednačiti broj ukupno otpuštenih i broj ukupno primljenih elektrona (e^-)
4. Kada se postignu ti uvjeti, **stehiometrijski koeficijenti onih vrsta koje su promjenile oksidacijski broj NE SMIJE SE TIJEKOM DALJEG IZJEDNAČAVANJA jednadžbe MIJENJATI**

KEMIJSKE REAKCIJE - REDOKS REAKCIJE

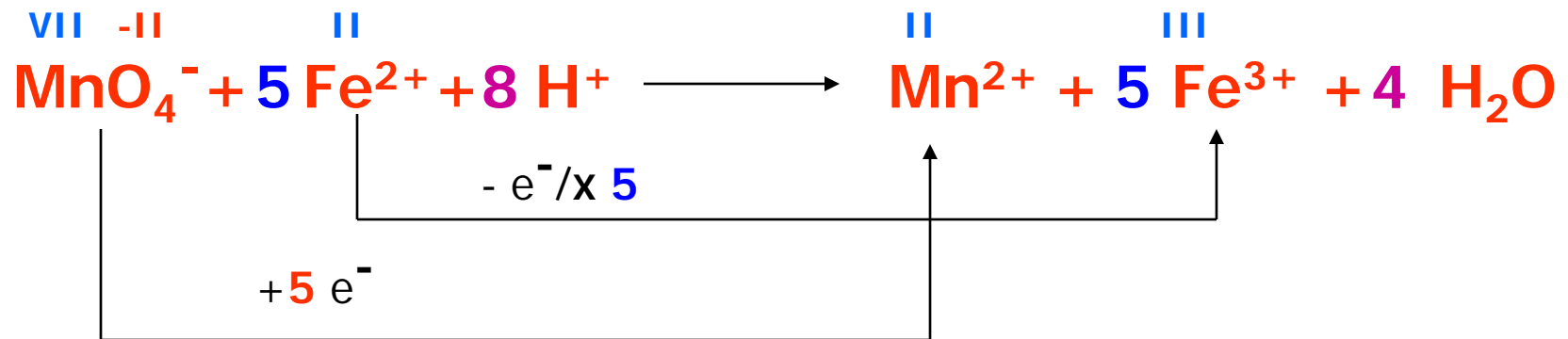
Načini rješavanja redoks jednažbi

- a) PARCIJALNO rješavanje jednažbe postavljanjem pojedinačnih jednažbi oksidacije i redukcije



KEMIJSKE REAKCIJE - REDOKS REAKCIJE

- b) IZRAVNO rješavanje jednačbe, bez pisanja pojedinačnih jednačbi oksidacije i redukcije



Fe^{2+} ... redukcijsko sredstvo, jer gubi e^- i pritom se sam oksidira, a permanganat ion prima te elektrone i pritom se reducira

MnO_4^- ... oksidacijsko sredstvo, jer "oduzima" e^- željezovu(II) ionu i oksidira ga, a sam se reducira

KEMIJSKE REAKCIJE - REDOKS REAKCIJE

- na kraju je potrebno !!!

- ❖ **provjeriti** da li je izjednačen broj atoma pojedinih elemenata na lijevoj i desnoj strani
- ❖ **provjeriti** da li je suma naboynih brojeva reaktanata jednaka sumi naboynih brojeva produkata

Domaća zadaća

1. M Sikirica: Stehiometrija

- a) 4.1. – 4.8.; 4.9. ; 4.11.b), d), e); 4.12 g); 4.13 b), d), c), g), k), m), 4.15 f), h), m), o), t) i u) (sve ostale zadatke vježbati).
- b) poglavlje III : pročitati str. 35 – 40.

2. I. Filipović: Opća i anorganska kemija

- a) primjeri i zadatci: str. 471 primjer 1. i 2. ; str. 476. 8.7.1.-8.7.31.
- b) pročitati i proučiti: poglavlje IV (str. 89 - 92)

KAKO BISTE USPJEŠNO SVLADALI RJEŠAVANJE REDOKS JEDNADŽBI, NEOPHODNO JE DA KONTINUIRANO VJEŽBATE IZRADU ZADATAKA PREMA GORNJEM POPISU.