

1. Reakcija formiranja MgO je  $\text{Mg}_{(s)} + 1/2 \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{MgO}_{(s)}$ ,  $\Delta H_r^\circ = -602 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta S_r^\circ = -108 \text{ J/Kmol}$ .

(a) Izračunajte  $\Delta G_r^\circ$  za formiranje MgO(s) na  $0^\circ\text{C}$ . Da li je reakcija spontana na ovoj temperaturi?

(b) Da li postoji temperatura na kojoj nastajanje MgO prestaje da bude spontan proces? Ako ne, objasnite zašto. Ako postoji, izračunajte je.

**Rešenje:**

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T \cdot \Delta S_r^\circ = -602 \text{ kJ/mol} - 273\text{K} \cdot (-0.108 \text{ kJ/Kmol}) = -602 \text{ kJ/mol} + 29.48 \text{ kJ/mol} = \mathbf{-572.52 \text{ kJ/mol}}$$

**Reakcija je spontana jer je  $\Delta G_r^\circ < 0$**

Kada  $\Delta G_r^\circ$  prestane da bude manje od nule, nastajanje MgO više nije spontan process.

$$\Delta G_r^\circ = 0 = \Delta H_r^\circ - T \cdot \Delta S_r^\circ \Rightarrow T = \Delta H_r^\circ / \Delta S_r^\circ = 5574 \text{ K}$$

Na 5574 K sistem je u stanju ravnoteže, a na svakoj višoj temperaturi  $\Delta G_r^\circ > 0$ .

2. Razblaženi vodonik peroksid (najčešće 3%) se koristi kao antiseptik. U apotekama se obično priprema tako što se pomešaja 1L 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  i 9L vode. Greškom je napravljen rastvor mešanjem 1L vode i 9L 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Kako biste od dobijenog rastvora dobili rastvor koji se koristi kao antiseptik? Kao što sam vam napomenuo na testu, radite kao da svi rastvori imaju  $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$ .

**Rešenje:**

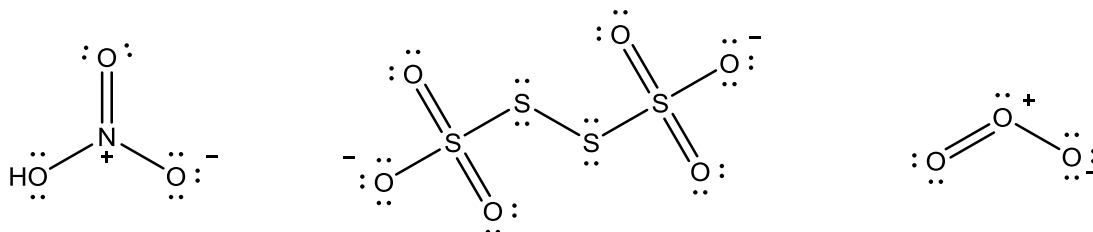
U 9L 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  imamo 2.7 kg  $\text{H}_2\text{O}_2$  i 6.3 kg vode. Kako smo pomešali sa 1L=1 kg vode, imaćemo 7.3 kg vode. Pošto želimo da dobijemo 3%  $\text{H}_2\text{O}_2$ , polazimo od toga da je 2.7 kg  $\text{H}_2\text{O}_2$  —3%, pa je po tome voda 97% odnosno 90kg. Kako smo već imali 7.3 kg vode, treba dodati još 82.7 kg.

3. Pokazati: a) kako jodidni jon katalizuje razgradnju vodonik peroksida, b) strukturu i formalna naelektrisanja svih atoma u azotnoj kiselini, tetrationsatnom anjonu i ozonu.

**Rešenje:**

a) prvi korak:  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{I}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{I}_2$  drugi korak:  $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{I}^-$

b)



4. Rastvor sadrži 0.050 M  $\text{Ca}^{2+}$  i 0.030 M  $\text{Ag}^+$ . Može li se istaložiti 99% of  $\text{Ca}^{2+}$  u obliku sulfata, a da ne počne taloženje  $\text{Ag}^+$ ? Koja će biti koncentracija  $\text{Ca}^{2+}$  kada  $\text{Ag}^+$  počne da se taloži? Proizvod rastvorljivosti kalcijum sulfata je  $2.4 \cdot 10^{-5}$ , a srebro sulfata je  $1.5 \cdot 10^{-5}$ .

**Rešenje:**

$K_{sp}(\text{CaSO}_4) = 2.4 \cdot 10^{-5} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \Rightarrow [\text{SO}_4^{2-}] = 2.4 \cdot 10^{-5} / 0.05 = 4.8 \cdot 10^{-4}$ , pri ovoj  $c(\text{SO}_4^{2-})$  počinje taloženje

$K_{sp}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 1.5 \cdot 10^{-5} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \Rightarrow [\text{SO}_4^{2-}] = 1.5 \cdot 10^{-5} / 0.03^2 = 1.67 \cdot 10^{-2}$ , pri ovoj  $c(\text{SO}_4^{2-})$  počinje taloženje

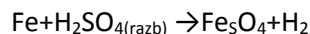
Može li se istaložiti 99% of  $\text{Ca}^{2+}$  u obliku sulfata, a da ne počne taloženje  $\text{Ag}^+$ ?

Kad se istaloži 99%  $\text{Ca}^{2+}$  preostaje  $[\text{Ca}^{2+}] = 0.0005\text{M}$ , pa je  $[\text{SO}_4^{2-}] = 2.4 \cdot 10^{-5} / 0.0005 = 4.8 \cdot 10^{-2}$  što je više od  $1.67 \cdot 10^{-2}$  kada počinje taloženje  $\text{Ag}_2\text{SO}_4 \Rightarrow$  ne može istaložiti 99% of  $\text{Ca}^{2+}$ , a da ne počne taloženje  $\text{Ag}^+$ .

Koja će biti koncentracija  $\text{Ca}^{2+}$  kada  $\text{Ag}^+$  počne da se taloži?

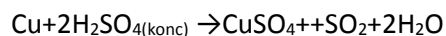
$\text{Ag}^+$  počinje da se taloži pri  $[\text{SO}_4^{2-}] = 1.67 \cdot 10^{-2}$ , pa će količina  $\text{Ca}^{2+}$  jona biti  $[\text{Ca}^{2+}] = 2.4 \cdot 10^{-5} / 1.67 \cdot 10^{-2} = 1.4 \cdot 10^{-3}$

5. Napisati sledece reakcije: a)  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{razbl})}$ , b)  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{conc})}$ , c)  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{razbl})}$ , d)  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{conc})}$

**Rešenje:**

$3\text{Fe} + 8\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{conc})} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{SO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$  (priznavao sam i ako ste pisali da se dobijaju  $\text{H}_2$  i  $\text{SO}_2$ , samo  $\text{Fe}^{3+}$  ...) Poenta je da je  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{conc})}$  oksidaciono sredstvo pa ćete dobiti  $\text{Fe}^{3+}$ .

$\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{razbl})} \rightarrow$  nema reakcije



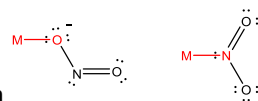
6. Imenovati, napisati elektronsku konfiguraciju, izomere, disocijaciju u vodenom rastvoru, prokomentarisati magnetne osobine i naci magnetni moment za sledece komplekse:  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$ ,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ . Napisati boju svakog od ovih kompleksa.

**Rešenje:**

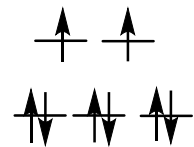
$\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  Kalijum-heksanitrokobaltat(III)  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \rightarrow 3\text{K}^+ + [\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$



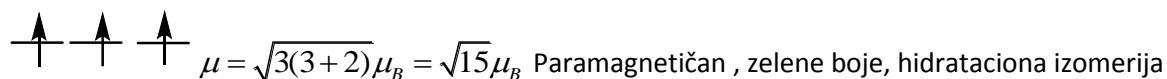
$\mu = \sqrt{0} = 0\mu_B$  Dijamagnetičan, žućkaste boje, vezivna izomerija



$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$  heksaamminnikl(II)-sulfat  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4 \rightarrow [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$

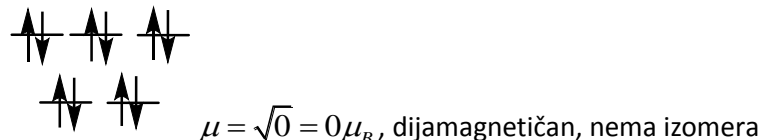
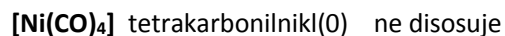
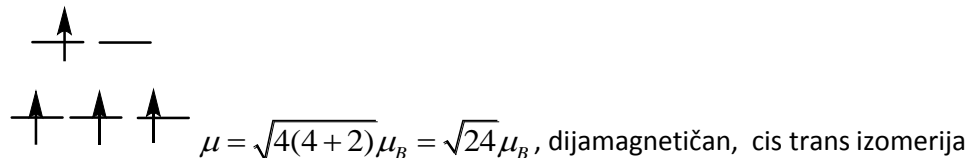
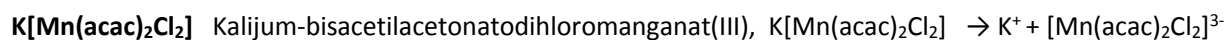
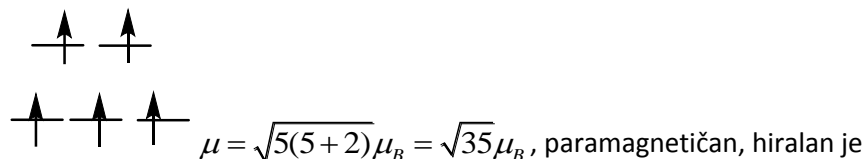


$\mu = \sqrt{2(2+2)}\mu_B = \sqrt{8}\mu_B$  Paramagnetičan, plave boje, nema izomera



7. Imenovati, napisati elektronsku konfiguraciju, izomere, disocijaciju u vodenom rastvoru i prokomentarisati da li je kompleks paramagnetičan ili dijamagnetičan (takodje, naci magnetni moment):  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{ox})_3]$ ,  $\text{K}[\text{Mn}(\text{acac})_2\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ .

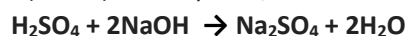
**Rešenje:**



8. Izračunati pH rastvora koji nastaje kada se pomeša 183ml 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho=1.071 \text{ g/cm}^3$ ) i  $28\text{cm}^3$  40% NaOH ( $\rho=1.429 \text{ g/cm}^3$ ), a zatim ceo rastvor razblaži do  $1\text{dm}^3$ . Zaokružiti brojeve molova na dve decimale.  $K_2(\text{H}_2\text{SO}_4)=0.01$

**Rešenje:**

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4)=m/M=\rho \cdot V \cdot \omega / M=1.071 \cdot 183 \cdot 0.1 / 98=0.19999 \approx 0.2 \text{ mol} \quad n(\text{NaOH})=1.429 \cdot 28 \cdot 0.4 / 40=0.4001 \approx 0.4 \text{ mol}$$



Natrijum hidroksid i sumporna kiselina će biti potpuno potrošeni i dobiće se 0.2 mol  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Pošto  $K_2(\text{H}_2\text{SO}_4)$  nije preterano velika,  $\text{SO}_4^{2-}$  može da hidrolizuje:  $\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HSO}_4^- + \text{OH}^-$ .  $K_b=10^{-14}/K_2=10^{-12}$ , odnosno, pošto je  $[\text{SO}_4^{2-}]=0.2 \text{ mol/dm}^3 \Rightarrow [\text{OH}^-]=\sqrt{(10^{-12} \cdot 0.2)}=0.447 \cdot 10^{-6} \Rightarrow$  pošto je  $[\text{OH}^-]$  blizu  $10^{-7}$  trebalo bi uzeti u obzir jonski proizvod vode pri računanju pH, mada bih priznao i ak ose ne uzme (kao što sam i na vežbama).

9. 2g smeše koja se sastoji od  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{MgCO}_3$  je zagrevana pri čemu je došlo do izdvajanja  $\text{CO}_2$  i zaostalo je 1,042g smeše  $\text{CaO}$  i  $\text{MgO}$ . Koliki je maseni udeo  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{MgCO}_3$  u prvobitnoj smeši?

**Rešenje:**

$M_r(\text{CaCO}_3)=100\text{g/mol}$ ;  $M_r(\text{MgCO}_3)=84.3\text{g/mol}$ ;  $M_r(\text{CaCO}_3)=56\text{g/mol}$ ;  $M_r(\text{MgO})=40.3\text{g/mol}$

$$m(\text{CaCO}_3) + m(\text{MgCO}_3) = 2\text{g} = n_{\text{CaCO}_3} \cdot 100 + n_{\text{MgCO}_3} \cdot 84.3$$

$$m(\text{CaO}) + m(\text{MgO}) = 1.042\text{g} = n_{\text{CaO}} \cdot 56 + n_{\text{MgO}} \cdot 40.3 = n_{\text{CaCO}_3} \cdot 56 + n_{\text{MgCO}_3} \cdot 40.3$$

Imajte dve jednačine sa dve nepoznate ( $n_{\text{CaCO}_3}$  i  $n_{\text{MgCO}_3}$ ) iz kojih se zatim lako dobija maseni udeo  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{MgCO}_3$ .

10. Koliki je pH rastvora  $\text{HCl}$ : a)  $c(\text{HCl})=1 \cdot 10^{-5}\text{mol/dm}^3$  b)  $c(\text{HCl})=1 \cdot 10^{-7}\text{mol/dm}^3$  c)  $c(\text{HCl})=1 \cdot 10^{-9}\text{mol/dm}^3$ ?

Pomoć: Smo u jedno od tri slučaja zaista morate da rešavate kvadratnu jednačinu.

Uvod: Jonski proizvod vode je:  $K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$ . U čistoj vodi  $\text{H}^+$  i  $\text{OH}^-$  joni nastaju autoprotolizom vode:  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$  pa je  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$ . Kroz ovaj zadatak se vidi da da spoljni izvor  $\text{H}^+/\text{OH}^-$  jona treba uzeti u obzir zajedno sa jonima nastalim iz autoprotolize vode samo kada im je količina približna, tj.  $\sim 10^{-7}$  jer se inače ne pravi velika greška ako se uzme onaj koji je u višku.

**Rešenje:**

$$\text{a) } [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14} = ([\text{H}^+]_{\text{HCl}} + [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot [\text{OH}^-]_{\text{H}_2\text{O}} = ([\text{H}^+]_{\text{HCl}} + [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}}^2 + [\text{H}^+]_{\text{HCl}} \cdot [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}} - 10^{-14} = 0 \Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{-[\text{H}^+]_{\text{HCl}} \pm \sqrt{[\text{H}^+]_{\text{HCl}}^2 + 4 \cdot 10^{-14}}}{2}$$

$$c(\text{HCl})=1 \cdot 10^{-5}\text{mol/dm}^3 \quad [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{-10^{-5} \pm \sqrt{10^{-10} + 4 \cdot 10^{-14}}}{2} \approx 10^{-7}$$

$$c(\text{H}^+)=1 \cdot 10^{-5}+1 \cdot 10^{-7}=1.01 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \text{pH}=4.996 \approx 5$$

Ovaj primer je urađen previse detaljno samo da se pokaže da  $\text{H}^+$  nastali autoprotolizom vode nisu morali da se uzimaju u obzir jer je  $\text{H}^+$  koji dolazi iz  $\text{HCl}$  u velikom višku.

$$\text{b) } [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{-[\text{H}^+]_{\text{HCl}} \pm \sqrt{[\text{H}^+]_{\text{HCl}}^2 + 4 \cdot 10^{-14}}}{2} = \frac{-10^{-7} \pm \sqrt{10^{-14} + 4 \cdot 10^{-14}}}{2} \approx 0.618 \cdot 10^{-7}$$

$$c(\text{H}^+)=1 \cdot 10^{-7}+0.618 \cdot 10^{-7}=1.618 \cdot 10^{-7} \Rightarrow \text{pH}=6.79 \neq 7$$

Kako je količina  $\text{H}^+$  iz vode i  $\text{HCl}$  bila približna, ovde sm omorali uzeti u obzir oba doprinosa.

$$\text{c) } [\text{H}^+]_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{-10^{-9} \pm \sqrt{10^{-18} + 4 \cdot 10^{-14}}}{2} \approx 10^{-7}$$

$c(\text{H}^+) = 1 \cdot 10^{-7} + 10^{-9} = 1.01 \cdot 10^{-7} \Rightarrow \text{pH} = 6.996 \approx 7$   $\text{H}^+$  iz HCl nisu morali da se uzimaju u obzir jer je  $\text{H}^+$  koji dolazi iz vode u velikom višku.

Dodatni zadatak:

o-hlorbenzoeva kiselina ima sastav od 53.8% C, 3.2% H, 20.4% O i 22.6% Cl. Uzorak od 0.1236 g ove kiseline rastvoren u 100 g vode daje a rastvor čija je tačka mržnjenja( $T_M$ )  $-0.0147^\circ \text{C}$ . Uzorak od 3,265 g o-hlorbenzoeve kiseline rastvorene u 60 g benzena daje rastvor čija je  $T_M$  je  $4,59^\circ \text{C}$ . Odredite molekulsku formulu o-hlorbenzoeve kiseline u ova dva rastvora i objasniti razliku u rezultatima. Benzen ( $T_M = 5.48^\circ \text{C}$ ),  $K_f = 5.12$ , Voda ( $T_M = 0^\circ \text{C}$ ),  $K_f = 1.86$

$$\begin{array}{ll} 0.1236\text{g} : 100\text{g} \text{ — } 1.236\text{g} : 1000\text{g} & \Rightarrow b = 0.0147/1.86 = 0.0079 \quad \Rightarrow \text{Mr} = 156.4 \\ 3,265\text{g} : 60\text{g} \text{ — } 54.4167\text{g} : 1000\text{g} & \Rightarrow b = 0.89/5.12 = 0.17383 \quad \Rightarrow \text{Mr} = 313 \end{array}$$