

$$R=8.314 = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$F=96485 = 9.648e+04 \text{ C}$$

Reakce ve vodných roztocích elektrolytů

$$a_i = \frac{c_i}{c^{st}}, \quad a_{\text{voda}} = a_{\text{nerozp. sůl}} = 1, \quad K_{\text{dis,B}} = \frac{K_{\text{voda}}}{K_{\text{a,BH}^+}}, \quad K_{\text{voda}}(25^\circ\text{C}) = 1 \cdot 10^{-14}$$

1. pH silné kyseliny

Jaké je pH roztoku HCl o koncentraci a) 0.001 mol dm⁻³, b) 5 nmol dm⁻³ při 25 °C?

0.2 (q '0'8 (e

a) _____

$$c_{\text{H}}=0.001 = \mathbf{0.001} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH}=-\log c_{\text{H}} = \mathbf{3}$$

b) _____

$$c_{\text{H}}=5e-9 = \mathbf{5e-09} \text{ mol dm}^{-3} \ll 1e-7 \text{ v čisté vodě} \Rightarrow \text{pH} \approx 7$$

2. pH silné zásady

Jaké je pH roztoku Ca(OH)₂ o koncentraci 0.01 mol dm⁻³ a) za teploty 25 °C, b) za teploty 45 °C ($K_w = 4.0 \cdot 10^{-14}$)?

2.11 (q '8'71 (e

a) _____

předpokládáme úplnou disociaci i do 2. stupně, což je oprávněné jen pro velmi zředěné roztoky

$$c_{\text{OH}}=2 \cdot 0.01 = \mathbf{0.02} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_{\text{H}}=1e-14/c_{\text{OH}} = \mathbf{5e-13} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH}=-\log c_{\text{H}} = \mathbf{12.3}$$

b) _____

$$c_{\text{H}}=4e-14/c_{\text{OH}} = \mathbf{2e-12} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH}=-\log c_{\text{H}} = \mathbf{11.7}$$

3. pH slabé kyseliny

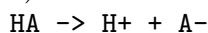
Roztok o teplotě 25 °C obsahuje 0.01 mol dm⁻³ kyseliny octové (pK=4.76).

a) Vypočtete pH.

b) *Roztok obsahuje navíc 0.001 mol dm⁻³ kyseliny chlorovodíkové. Jak se změní pH?

3.39 (q '68'8 (e

a) _____



=====

zač. rovn.

H+ 0 x

A- 0 x

HA 0.01 0.01-x

=====

$$\text{pK}=4.76 = \mathbf{4.76}$$

$$K=10^{**(-\text{pK})} = \mathbf{1.738e-05}$$

$$c=0.01 = \mathbf{0.01} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{solve } x=0, c \cdot x^{**2}/(c-x)-K = \mathbf{0.0004083} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH}=-\log x = \mathbf{3.389}$$

$$\text{alpha}=x/c = \mathbf{0.04083}$$

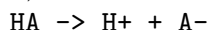
$$x=\text{sqrt}(K^{**2}/4+c \cdot K)-K/2 = \mathbf{0.0004083}$$

přibližně pro $K \ll c$:

$$x=\text{sqrt}(c \cdot K) = \mathbf{0.0004169} \text{ mol dm}^{-3}$$

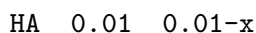
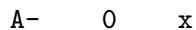
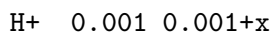
$$\text{pH}=-\log x = \mathbf{3.38}$$

b) *Směs kyselin _____



=====

zač. rovn.



=====

$$\text{pK}=4.76 = \mathbf{4.76}$$

$$K=10^{**(-\text{pK})} = \mathbf{1.738e-05}$$

$$c=0.01 = \mathbf{0.01 \text{ mol dm}^{-3}}$$

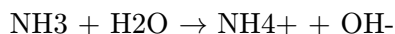
$$\text{solve } x=0, c \text{ (0.001+x)*x/(c-x)-K} = \mathbf{0.000149 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$\text{pH}=-\log(0.001+x) = \mathbf{2.94}$$

$$\alpha=x/c = \mathbf{0.0149}$$

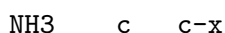
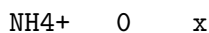
4. pH slabé zásady

pH roztoku amoniaku o koncentraci $0.002 \text{ mol dm}^{-3}$ za teploty 25°C je 10.26. Vypočtete konstantu kyselosti amonia NH_4^+ . Předpokládejte nekonečné zředění a standardní stav elektrolytu $c^{\text{st}} = 1 \text{ mol dm}^{-3}$. 01-01.9'9



=====

zač. rovn.



=====

$$c\text{H}=10^{**(-10.26)} = \mathbf{5.495e-11 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$c\text{OH}=1e-14/c\text{H} = \mathbf{0.000182 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$c\text{NH}_3=0.002-c\text{OH} = \mathbf{0.001818 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$K_d=c\text{OH}^{**2}/c\text{NH}_3 = \mathbf{1.821e-05}$$

$$K_a=1e-14/K_d = \mathbf{5.49e-10}$$

5. Koncentrace z pH

Disociační konstanta kyseliny benzoové je $6.3 \cdot 10^{-5}$ při 25°C . pH nasyceného roztoku při této teplotě je $\text{pH}=2.8$. Vypočtete rozpustnost (v g kyseliny na litr vody). 111/8 1'9

$$K=6.3e-5 = \mathbf{6.3e-05}$$

$$c\text{H}=10^{**(-2.8)} = \mathbf{0.001585 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$c=c\text{H}^{**2}/K+c\text{H} = \mathbf{0.04146 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$c_w=c \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = \mathbf{5.063 \text{ g dm}^{-3}}$$

6. Součin rozpustnosti

Nasycený roztok fluoridu hořečnatého ve vodě má při teplotě 25 °C koncentraci $0.00141 \text{ mol dm}^{-3}$.

- a) Určete součin rozpustnosti pro standardní stav elektrolytu $c^{\text{st}} = 1 \text{ mol dm}^{-3}$.
 b) *Kolik MgF_2 se vysráží po rozpuštění 0.1 mol NaF v litru roztoku?

$$(a) K_s = 1.12 \cdot 10^{-8} \text{ mol}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ prakticky vsechny (zbývá) v roztoku}$$

$$c = 0.00141 = \mathbf{0.00141 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$K_s = 4 \cdot c^3 = \mathbf{1.121e-08}$$



=====

zač. rovn.

$$\text{F}^- \quad 0.1 \quad 0.1 + 2 \cdot x$$

$$\text{Mg}^{2+} \quad 0 \quad x$$

=====

$$\text{rovnice: } K_s = (0.1 + 2 \cdot x)^2 \cdot x$$

$$\text{solve } x \quad K_s - (0.1 + 2 \cdot x)^2 \cdot x = \mathbf{5.606e-08 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$dc = c - x = \mathbf{0.00141 \text{ mol dm}^{-3}}$$

7. +Součin rozpustnosti

Součin rozpustnosti AgCl je $1.6 \cdot 10^{-10}$. Vypočtete hmotnostní koncentraci jeho nasyceného roztoku. $M(\text{AgCl}) = 143.3 \text{ g mol}^{-1}$.

$$13 \text{ mmol/litr} = 1.8 \text{ mg/litr}$$



$$K_s = c^2$$

$$K_s = 1.6e-10 = \mathbf{1.6e-10}$$

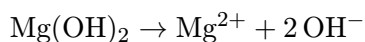
$$c = \sqrt{K_s} = \mathbf{1.265e-05 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$cw = c \cdot M(\text{AgCl}) = \mathbf{0.001813 \text{ g dm}^{-3}}$$

8. Součin rozpustnosti a pH

Vypočtete pH nasyceného roztoku $\text{Mg}(\text{OH})_2$ za teploty 25 °C. Součin rozpustnosti $\text{Mg}(\text{OH})_2$ je za této teploty roven $2.6 \cdot 10^{-11}$.

15.01



$$K_s = 2.6e-11 = \mathbf{2.6e-11}$$

$$K_s = c(2c)^2 = 4c^3$$

$$c = (K_s/4)^{1/3} = \mathbf{0.0001866 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$c_{\text{OH}} = 2 \cdot c = \mathbf{0.0003733 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$c_{\text{H}} = 1e-14 / c_{\text{OH}} = \mathbf{2.679e-11 \text{ mol dm}^{-3}}$$

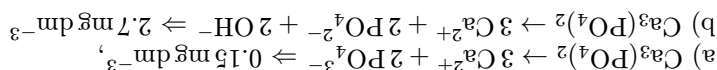
$$\text{pH} = -\log(c_{\text{H}}) = \mathbf{10.57}$$

9. *Rozpustnost a součin rozpustnosti

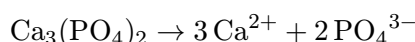
Součin rozpustnosti $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ je $3 \cdot 10^{-30}$ za teploty 25 °C. Vypočtete jeho rozpustnost (v g dm^{-3})

- a) v dostatečně zásaditém roztoku (např. NaOH o $\text{pH} = 13$),
 b) ** v čisté vodě (tento výpočet přesahuje požadavky na FCH I).

Konstanta acidity HPO_4^{2-} je $\text{p}K_{a3} = 12.4$, konstanta acidity H_2PO_4^- je $\text{p}K_{a2} = 7.2$. $M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310.2 \text{ g mol}^{-1}$.



a) Protože $\text{p}K_a < \text{pH}$, je převážná většina fosforečnanu ve formě PO_4^{3-} , a rozpouštění můžeme zapsat jako



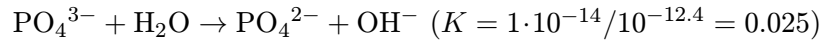
Rovnice pro c je $K_s = [\text{Ca}^{2+}][\text{PO}_4^{3-}] = (3c)^3(2c)^2 = 108c^5$

$$K_s = 3 \cdot 10^{-30} = \mathbf{3e-30}$$

$$c = (K_s/108)^{1/5} = \mathbf{4.884e-07} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_w = c \cdot 310.2 = \mathbf{0.0001515} \text{ g mol}^{-1}$$

b) v čisté vodě je výpočet složitější (mimo požadavky na FCH I), protože dochází k hydrolyze



Lze odhadnout (a na základě výsledného pH ověřit), že fosforečnan bude v roztoku převážně ve formě PO_4^{2-} , přičemž koncentrace PO_4^{2-} a OH^- budou stejné, totiž $2c$, načež $[\text{PO}_4^{3-}] = (2c)^2/K$. Rovnice pro koncentraci je pak

$$K_s = [\text{Ca}^{2+}][\text{PO}_4^{3-}] = (3c)^3((2c)^2/K)^2$$

Proto:

$$c = (K_s \cdot 0.025^2 / 16 / 27)^{1/7} = \mathbf{8.876e-06} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_w = c \cdot 310.2 = \mathbf{0.002753} \text{ g mol}^{-1}$$

pH roztoku bude 9.2, což leží mezi oběma pKa, takže předpoklady výpočtu byly splněny

Faradayův zákon

$$q = I\tau = nzF, \quad F = eN_A \doteq 96485 \text{ C mol}^{-1}$$

10. Vylučování kovů – Faradayův zákon

Stejný náboj, 5789 C, projde při elektrolýze každým z roztoků těchto solí:

- a) AgNO_3 ,
- b) CuSO_4 ,
- c) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$,

o koncentraci $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ a objemu 1 dm^3 . Kolik procent soli bude přítom v jednotlivých případech rozloženo?

% 01 (a ' % 0E (q ' % 09 (e

$$Q=5789 = \mathbf{5789 \text{ C}}$$

$$n=0.1 = \mathbf{0.1 \text{ mol}}$$

(a) AgNO_3

$$z=1 = \mathbf{1}$$

$$ne=Q/F/z = \mathbf{0.06}$$

$$ne/n*100 = \mathbf{60 \%}$$

(b) CuSO_4

$$z=2 = \mathbf{2}$$

$$ne=Q/F/z = \mathbf{0.03}$$

$$ne/n*100 = \mathbf{30 \%}$$

(c) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$

$$z=6 = \mathbf{6}$$

$$ne=Q/F/z = \mathbf{0.01}$$

$$ne/n*100 = \mathbf{10 \%}$$

11. Faradayův zákon – coulometr na třaskavý plyn

Jaký proud procházel coulometrem, jestliže za 30 minut vzniklo 45 cm³ třaskavého plynu? Teplota v době experimentu byla 25 °C, atmosférický tlak 97.2 kPa, tlak nasycených par vody při teplotě 25 °C je 3.2 kPa.

VZT10

$$V=45\text{e-}6 = 4.5\text{e-}05 \text{ m}^3$$

$$p=(97.2-3.2)*1000 = 9.4\text{e+}04 \text{ Pa}$$

$$T=298.15 = 298.1 \text{ K}$$

$$n=p*V/R/T = 0.001706 \text{ mol}$$

$$nq=n*4/3 = 0.002275 \text{ mol}$$

H₂O → H₂ + ½ O₂ (z = 2), tj. na 2 mol nábojů vznikne 3/2 mol tř.plynu

$$q=nq*F = 219.5 \text{ C}$$

$$\text{tau}=30*60 = 1800 \text{ s}$$

$$I=q/\text{tau} = 0.122 \text{ A}$$

12. +Faradayův zákon – pokovování

Váleček o poloměru r = 1,5 cm a délce h = 5 cm je třeba pokrýt vrstvičkou chromu o tloušťce 30 μm.

- Jak dlouho bude trvat elektrolytické chromování proudem 0,44 A (proudový výtěžek 88%) v elektrolyzáru naplněném vodným roztokem síranu chromitého? Hustota chromu je ρ = 7,1 g cm⁻³.
- Kolik molů síranu chromitého ubude při elektrolýze z roztoku? (M_{Cr} = 52 g/mol)

10000 99,71 (q ' 17,9 (e

a)

$$r=1.5\text{e-}2 = 0.015 \text{ m}$$

$$h=5\text{e-}2 = 0.05 \text{ m}$$

$$t1=30\text{e-}6 = 3\text{e-}05 \text{ m}$$

$$A=2*\text{pi}*r**2+h*2*\text{pi}*r = 0.006126 \text{ m}^2$$

$$V=A*t1 = 1.838\text{e-}07 \text{ m}^3$$

$$\text{rho}=7.1\text{e}3 = 7100 \text{ kg m}^{-3}$$

$$m=\text{rho}*V = 0.001305 \text{ kg}$$

$$n=m*1000/M(\text{Cr}) = 0.0251 \text{ mol}$$

$$Q_{\text{teor}}=3*n*F = 7264 \text{ C}$$

$$Q=Q_{\text{teor}}/0.88 = 8255 \text{ C}$$

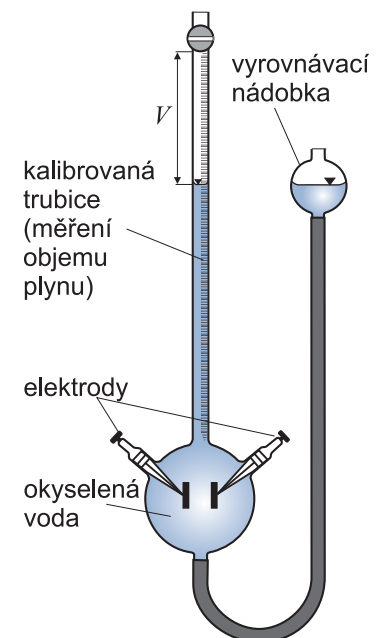
$$\text{tau}=Q/0.44 = 1.876\text{e+}04 \text{ s}$$

$$\text{tau}/3600 = 5.211 \text{ h}$$

b): Cr₂(SO₄)₃

$$z=6 = 6 \text{ e}$$

$$n=Q_{\text{teor}}/F/z = 0.01255 \text{ mol}$$



13. Faradayův zákon a elektrická energie

Vypočítejte elektrickou energii (v kWh) potřebnou k vyloučení 1 kg kovového zinku v elektrolyzáru, který pracuje s celkovou účinností 65 % a v němž se zinek vylučuje při napětí 1,2 V. (M_{Zn} = 65,4 g/mol)

4111 19,1

$$n=1000/M(\text{Zn}) = 15.29 \text{ mol}$$

$$Q=2*n*F = 2.951\text{e+}06 \text{ C}$$

$$W_{\text{teor}}=Q*1.2 = 3.541\text{e+}06 \text{ J}$$

$$W=W_{\text{teor}}/0.65 = 5.448\text{e+}06 \text{ J}$$

$$W/3600/1000 = 1.513 \text{ kWh}$$