**Příklady pH solí a tlumivých roztoků – společná hodina**

**Vypočítejte pH 0,25 M roztoku Na2CO3. Ka pro ion HCO3- je 5,61.10-11.** [11,8]

Postup:

Na2CO3 bude disociovat ve vodném prostředí následujícím způsobem

Na2CO3 + 2 H2O = NaHCO3+ NaOH

1. Vyjádří se a spočítá pH soli slabé kyseliny a silné báze

pH(roztok Na2CO3) = 0,5 × (14 + pKa + log c(roztok Na2CO3))

pH(roztok Na2CO3) = 0,5 × (14 + 10,3 + log 0,25 M) = 11,8

**Jaké pH má 0,01 M roztok chloridu amonného? Disociační konstanta amoniaku Kb je 1,8.10-5.** [5,63]

Postup:

1. Chlorid amonný bude disociovat ve vodném prostředí následujícím způsobem

NH4Cl + H2O = NH3 + Cl- + H3O+

1. Vyjádří se a spočítá pH soli silné kyseliny a slabé baze

pH(roztok NH4Cl) = 0,5 × (14 - pKb - log c(roztok NH4Cl))

pH(roztok NH4Cl) = 0,5 × (14 - 4,74 - log 0,01 M) = 5,63

**Ke 40 cm3 0,01 M kyseliny octové bylo přidáno 20 cm3 0,02 M NaOH. Vypočítejte pH vzniklého roztoku. Pro kyselinu octovou Ka je 1,8.10-5.** [8,28]

Postup:

1. Kyselina octová bude reagovat s hydroxidem sodným následujícím způsobem

CH3COOH + NaOH = CH3COONa + H2O

1. Vyjádří a spočítají se látková množství kyseliny octové a hydroxidu sodného

n(KO) = c(roztok KO) × V(roztok KO)

n(NaOH) = c(roztok NaOH) × V(roztok NaOH)

n(KO) = 0,04 dm3 × 0,01 M = 0,0004 mol

n(NaOH) = 0,02 dm3 × 0,02 M = 0,0004 mol

1. V případě, že dojde k úplné neutralizaci, bude vznikat stejné látkové množství octanu sodného jako vstupujících reaktantů a následně bude ve vodném prostředí disociovat následujícím způsobem

CH3COONa + H2O = CH3COOH + NaOH

1. Vyjádří se a spočítá koncentrace vzniklého octanu sodného

c(roztok CH3COONa) = n(KO nebo NaOH) / (V(roztok KO) + V(roztok NaOH))

c(roztok CH3COONa) = 0,0004 mol / (0,04 dm3 + 0,02 dm3) = 0,0067 M

1. Vyjádří se a spočítá pH soli slabé kyseliny a silné báze v daném roztoku

pH(roztok CH3COONa) = 0,5 × (14 + pKa + log c(roztok CH3COONa))

pH(roztok CH3COONa) = 0,5 × (14 + 4,74 + log 0,0067M) = 8,28

**Tlumivý roztok obsahuje v 1 dm3 0,5 molu kyseliny octové (Ka = 1,8.10-5) a 2,5 molu octanu sodného. Jaké je pH?** [5,4]

Postup:

1. V roztoku je současně směs slabé kyseliny a její soli, a tedy pH se bude počítat dle Henderson-Hasselbachova vztahu
2. Vyjádří se a spočítá koncentrace kyseliny octové a octanu sodného po smíchání

c(roztok CH3COOH) =n(CH3COOH) / V(roztok CH3COOH + CH3COONa)

c(roztok CH3COOH) = 0,5 mol/ 1 dm3 = 0,5 M

c(roztok CH3COONa) =n(CH3COONa) / V(roztok CH3COOH + CH3COONa)

c(roztok CH3COONa) = 2,5 mol/ 1 dm3 = 2,5 M

1. Vyjádří se a spočítá pH dané směsi

pH(roztok CH3COOH + roztok CH3COONa) = pKa + log (c(roztok CH3COONa)/c(roztok CH3COOH))

pH(roztok CH3COOH + roztok CH3COONa) = 4,7 + log (2,5 M/0,5 M) = 5,4

**V jakém poměru musíme smísit kyselinu octovou a octan sodný, abychom získali tlumivý roztok o pH 5,70? Disociační konstanta kyseliny octové Ka je 1,8.10-5.** [0,11]

Postup:

1. V roztoku je současně směs slabé kyseliny a její soli, a tedy pH se bude počítat dle Henderson-Hasselbachova vztahu, který se vyjádří

pH(roztok CH3COOH + roztok CH3COONa) = pKa + log (c(roztok CH3COONa)/c(roztok CH3COOH))

1. Vyjádříme a z rovnice spočítáme poměr kyseliny octové k octanu sodnému

log (c(roztok CH3COONa)/c(roztok CH3COOH)) = pH(roztok CH3COOH + roztok CH3COONa) - pKa

c(roztok CH3COONa)/c(roztok CH3COOH) = 10(pH(roztok CH3COOH + roztok CH3COONa) - pKa)

c(roztok CH3COOH)/c(roztok CH3COONa) = 1 / 10(pH(roztok CH3COOH + roztok CH3COONa) - pKa)

c(roztok CH3COOH)/c(roztok CH3COONa) = 1 / 10(5,70-4,74) = 0,11

**Tlumivý roztok byl připraven smísením 6 objemových dílů 1,40 M roztoku NaH2PO4 a 4 objemových dílů 1,40 M roztoku Na2HPO4. Určete pH roztoku, jestliže disociační konstanty kyseliny trihydrogenfosforečné pro jednotlivé disociační stupně jsou Ka1 = 7,1.10-3, Ka2 = 6,2.10-8, Ka3 = 4,4.10-13.** [7,06]

Postup:

1. Určí se, která složka ve směsi je sůl, H3PO4 disociuje s rostoucí koncentrací NaOH následně

H3PO4 + NaOH = NaH2PO4 + NaOH = Na2HPO4 + NaOH = Na3PO4

1. Slabou kyselinou je tedy NaH2PO4 a její solí Na2HPO4
2. Jelikož nebyl zadán celkový objem směsi, můžeme si jej zvolit, např. 1 dm3
3. Vyjádříme si a spočítáme dílčí objemy roztoků před smísením

V(roztok NaH2PO4) = Vcelk × 6 /10

V(roztok NaH2PO4) = 1 dm3 × 6 /10 = 0,6 dm3

V(roztok Na2HPO4) = Vcelk × 4 /10

V(roztok Na2HPO4) 1 dm3 × 4 /10 = 0,4 dm3

1. Vyjádříme a spočítáme látková množství NaH2PO4 aNa2HPO4

n(NaH2PO4) = c(roztok NaH2PO4) × V(roztok NaH2PO4)

n(NaH2PO4) = 1,4 M × 0,6 dm3 = 0,84 mol

n(Na2HPO4) = c(roztok Na2HPO4) × V(roztok Na2HPO4)

n(Na2HPO4) = 1,4 M × 0,4 dm3 = 0,56 mol

1. pKa se spočítá pro vícesytné kyseliny z průměrné hodnoty pKa pro jednotlivé disociační stupně
2. V roztoku je současně směs slabé kyseliny a její soli, a tedy pH se bude počítat dle Henderson-Hasselbachova vztahu, který se vyjádří

pH(roztok NaH2PO4 + roztok Na2HPO4) = ((pKa1 + pKa2 + pKa3)/3) +log (c(roztok Na2HPO4)/c(roztok NaH2PO4))

1. Spočítá se pH výsledného tlumivého roztoku s tím, že koncentrace jsou stejné jako látková množství pro dané komponenty, jelikož je objem směsi 1 dm3

pH(roztok NaH2PO4 + roztok Na2HPO4) = ((2,15 + 7,21+ 12,36)/3) +log (0,56 M/0,84M) = 7,06

**Při titraci 20,0 cm3 1 M roztoku kyseliny propionové 0,5 M roztokem KOH byla k identifikaci ekvivalenčního bodu použita methyloranž.** **Disociační konstanta kyseliny propionové je 1,32.10-5. Vypočítejte spotřebu roztoku hydroxidu draselného, leží-li barevný přechod methyloranže při pH = 4.** [4,66 cm3]

Postup:

1. Kyselina propionová bude reagovat s hydroxidem draselným následujícím způsobem

CH3CH2COOH + KOH = CH3CH2COOK + H2O

a v případě, že KOH nebude v přebytku nebo alespoň v ekvimolárním poměru ke kyselině, bude se počítat pH směsi dle Henderson-Hasselbachova vztahu pro slabou kyselinu a její sůl, jelikož se veškerý KOH mění na vodu a sůl

1. Jelikož má methyloranž barevný přechod při pH 4, přestane se přidávat roztok KOH při tomto pH, tedy směs bude mít pH 4
2. Vyjádří se pH této směsi

pH (roztok CH3CH2COOH + CH3CH2COOK) = pKa + log (c(roztok CH3CH2COOK) / c(roztok CH3CH2COOH))

1. Následně můžeme vyjádřit koncentrace soli a kyseliny

c(roztok CH3CH2COOK) = n(CH3CH2COOK) / (V(roztok KOH) + V(roztok CH3CH2COOH))

c(roztok CH3CH2COOH) = n(CH3CH2COOH) / (V(roztok KOH) + V(roztok CH3CH2COOH))

1. Látkové množství kyseliny a soli lze vyjádřit

n(CH3CH2COOK) = n(KOH) = c(roztok KOH) × V(roztok KOH), jelikož jaké látkové množství KOH se přidá do směsi, tolik vznikne soli až do úplné neutralizace

npo(CH3CH2COOH) = n(CH3CH2COOH) - n(CH3CH2COOK) = n(CH3CH2COOH) - n(KOH) = (c(roztok CH3CH2COOH) × V(roztok CH3CH2COOH)) - c(roztok KOH) × V(roztok KOH)

1. Do vztahu pro výpočet pH lze dosadit přímo látková množství, jelikož objem je stejný, je v něm sůl i kyselina

pH (roztok CH3CH2COOH + CH3CH2COOK) = pKa + log ((c(roztok KOH) × V(roztok KOH)) / (c(roztok CH3CH2COOH) × V(roztok CH3CH2COOH)) - (c(roztok KOH) × V(roztok KOH))))

1. Následně můžeme z rovnice vyjádřit přímo objem přidaného KOH pro dané pH

10(pKa-pH(roztok CH3CH2COOH + CH3CH2COOK)) = (c(roztok CH3CH2COOH) × V(roztok CH3CH2COOH)) - (c(roztok KOH) × V(roztok KOH)) / (c(roztok KOH) × V(roztok KOH))

1 + 10(pKa-pH(roztok CH3CH2COOH + CH3CH2COOK)) = (c(roztok CH3CH2COOH) × V(roztok CH3CH2COOH) / (c(roztok KOH) × V(roztok KOH))

V(roztok KOH) = (c(roztok CH3CH2COOH) × V(roztok CH3CH2COOH)) / ((c(roztok KOH) × (1 + 10(pKa-pH(roztok CH3CH2COOH + CH3CH2COOK))))

1. Dosadíme konkrétní hodnoty

V(roztok KOH) = (1 M × 0,02 dm3) / (0,5 M × (1 +10(4,88-4))) = 4,66