**T7.** Aké bude pH roztoku po zmiešaní 0,5 litra 0,5 % vodného roztoku kyseliny octovej s ekvimólovým množstvom   
0,5 % vodného roztoku hydroxidu sodného? (Ekvimólový = obsahujúci rovnaké látkové množstvo látky.)

Pre zjednodušenie budeme označovať kyselinu octovú symbolom A (= *acid*), hydroxid sodný symbolom B (= *base*) a v reakcii vznikajúci octan sodný symbolom P (= *product*).

Pomocou chemických tabuliek zistíme lineárnou interpoláciou hustoty 0,5 % roztokov A a B, pričom pre *w* = 0 uvažujeme hustotu čistej vody (*ρ* = 0,997 g cm–3). Dostaneme *ρ'*(A) = 0,9983 g cm–3, *ρ'*(B) = 1,00325 g cm–3. Potom



z čoho pre hmotnosť A vychádza

*m*(A) = *n*(A) *M*(A) = 0,04156 mol . 60,05 g mol–1 = 2,496 g

a pre hmotnosť vody v 0,5 % roztoku A vychádza *m*(H2O, A) = 496,6 g.

Pretože množstvo B je ekvimólové, tj. *n*(A) = *n*(B), môžeme pre hmotnosť B písať

*m*(B) = *n*(B) *M*(B) = 0,04156 mol . 39,9971 g mol–1 = 1,662 g

a pre hmotnosť vody v 0,5 % roztoku B vychádza *m*(H2O, B) = 330,8 g.

Zo zápisu chemickej reakcie neutralizácie

CH3COOH (A) + NaOH (B) a NaCH3COO (P) + H2O

vyplýva, že *n*(P) = *n*(A) = *n*(B), z čoho ľahko zistíme hmotnosť vznikajúceho P

*m*(P) = *n*(P) *M*(P) = 0,04156 mol . 82,0338 g mol–1 = 3,409 g

Nakoniec zistíme hmotnosť *m'*(P) výsledného roztoku po reakcii

*m'*(P) = *m'*(A) + *m'*(B) = {*m*(A) + *m*(H2O, A)} + {*m*(B) + *m*(H2O, B)} = (2,496 + 496,6 + 1,662 + 330,8) g = 831,6 g

z čoho hmotnostný zlomok P vo výslednom roztoku



Pomocou chemických tabuliek lineárnou interpoláciou získame koncentráciu *c* = 0,0500 mol dm–3, ktorá sa zároveň rovná koncentrácii octanového aniónu.

Pretože octan sodný je soľ slabej kyseliny octovej a silného hydroxidu sodného, stačí uvažovať len hydrolýzu octanového aniónu

CH3COO– + H2O d CH3COOH + OH–

V chemických tabuľkách nájdeme konštantu kyslosti kyseliny octovej p*K*k = 4,76, z ktorej vypočítame potrebnú konštantu zásaditosti *K*z octanového aniónu

p*K*k = 4,76 ⇔ p*K*z = p*K*v – p*K*k = 14 – 4,76 = 9,24 ⇔ *K*z = 10–9,24 = 5,754 . 10–10

Nakoniec vypočítame koncentráciu hydroxidového aniónu vo výslednom roztoku



z čoho

pH = 14 – pOH = 14 – (–log 5,3635 . 10–6) = 8,73

★**T8.** Koľko „CuSO4·0,5H2O” treba pridať k 0,5 litru 0,5 % vodného roztoku síranu meďnatého, aby sa jeho pH zmenilo o 0,5?

*Poznámka:* Síran meďnatý nevytvára hemihydrát, preto je zápis „CuSO4·0,5H2O” uvedený v úvodzovkách. V zadaní príkladu sa použil len preto, aby aj v ňom bolo uvedené číslo 0,5. Samotný „CuSO4·0,5H2O” si však možno predstaviť ako zmes pentahydrátu a bezvodého síranu meďnatého v mólovom pomere 1 : 9.

Najprv vypočítame, aké je pH 0,5 % roztoku síranu meďnatého. Síran meďnatý sa pri rozpúšťaní vo vode štiepi na ióny,

CuSO4 a Cu2+ + SO42–

pričom vieme, že meďnatý katión existuje vo vodnom roztoku v hydratovanej podobe [Cu(H2O)*x*]2+. Pretože síran meďnatý je soľ silnej kyseliny sírovej a slabého hydroxidu meďnatého, stačí uvažovať len hydrolýzu hydratovaného meďnatého katiónu do prvého stupňa.

[Cu(H2O)*x*]2+ + H2O d [Cu(H2O)*x*–1(OH)]+ + H3O+

Príslušnú konštantu kyslosti akvatovaných meďnatých katiónov *K*k = 2,9 . 10–8 nájdeme v chemických tabuľkách. Pre výpočet [H3O+] potrebujeme poznať koncentráciu 0,5 % roztoku síranu meďnatého, ktorú zistíme lineárnou interpoláciou pomocou chemických tabuliek, pričom vieme, že pre *w* = 0 je *c* = 0. Vyjde nám *c* = 0,0315 mol dm–3, čo je zároveň aj koncentrácia hydratovaných meďnatých katiónov. Potom



z čoho pH = –log 3,021 . 10–5 = 4,52. Zo zadania vyplýva, že pH sa má zmeniť o 0,5. Pridaním „hemihydrátu“ k tomuto roztoku dôjde zrejme k zvýšeniu koncentrácie meďnatých katiónov a teda k poklesu pH, preto požadované pH vo výslednom roztoku musí byť 4,02. Presne opačným postupom teraz zistíme „novú“ koncentráciu meďnatých katiónov vo výslednom roztoku.

pH = 4,02 ⇔ [H3O+] = 10–4,02 = 9,550 . 10–5



z čoho opäť lineárnou interpoláciou získame hmotnostný zlomok *w* = 0,0478.

K výpočtu hmotnosti potrebného „hemihydrátu“ (1) potrebujeme poznať hmotnosť 0,5 litra 0,5 % roztoku (2) síranu meďnatého. Lineárnou interpoláciou pomocou chemických tabuliek zistíme jeho hustotu, pričom pre   
*w* = 0 uvažujeme hustotu čistej vody (*ρ* = 0,997 g cm–3). Vyjde nám *ρ*1 = 1,00275 g cm–3, z čoho

*m*1 = *ρ*1*V*1 = 1,00275 g cm–3 . 500 cm3 = 501,4 g

K výpočtu hmotnosti potrebného „hemihydrátu“ (1) potrebujeme tiež poznať hmotnostný zlomok síranu meďnatého v ňom



Teraz už len vyriešime jednoduchú materiálovú bilanciu zmiešavania „hemihydrátu“ (1) s 0,5 % roztokom (2) za vzniku požadovaného roztoku (3) s pH = 4,02.

*m*1*w*1 + *m*2*w*2 = (*m*1 + *m*2)*w*3

z čoho hmotnosť „hemihydrátu”

 = 23,9 g