

Cvičení z analytické chemie

Tereza Uhlíková

verze 2024

pH souhrn

https://web.vscht.cz/~kouckyj/teaching/CACHI/pH_1cast.pdf

pH silných kyselin a zásad

$$pH = -\log[H^+]$$

pOH silných kyselin a zásad

$$pOH = -\log[OH^-]$$

vztah mezi K_B a K_A

$$K_B[B] = \frac{K_V}{K_A[HB^+]}$$

se zahrnutím autoprotolýzy vody $[H^+] = \frac{c_2 + \sqrt{c_2^2 + 4 \cdot K_V}}{2}$

Příklad 1

a) Vypočítejte pH $5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku kyseliny chloristé.

Příklad 1

a) Vypočítejte pH $5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku kyseliny chloristé.

$$pH = -\log[H^+] = -\log c = -\log 5 \cdot 10^{-4} = 3,3$$

Příklad 1

a) Vypočítejte pH $5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku kyseliny chloristé.

$$pH = -\log[H^+] = -\log c = -\log 5 \cdot 10^{-4} = 3,3$$

b) Vypočtete pH roztoku kyseliny sírové o koncentraci

$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Předpokládejte 100% disociaci i do druhého stupně.

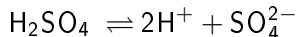
Příklad 1

a) Vypočítejte pH $5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku kyseliny chloristé.

$$pH = -\log[H^+] = -\log c = -\log 5 \cdot 10^{-4} = 3,3$$

b) Vypočtete pH roztoku kyseliny sírové o koncentraci

$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Předpokládejte 100% disociaci i do druhého stupně.



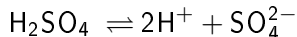
Příklad 1

a) Vypočítejte pH $5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku kyseliny chloristé.

$$pH = -\log[H^+] = -\log c = -\log 5 \cdot 10^{-4} = 3,3$$

b) Vypočtete pH roztoku kyseliny sírové o koncentraci

$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Předpokládejte 100% disociaci i do druhého stupně.



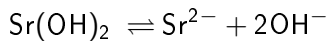
$$pH = -\log[H^+] = -\log 2c = -\log 2 \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 1,7$$

Příklad 2

a) Vypočítejte pH $4,5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku hydroxidu strontnatého.

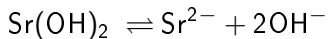
Příklad 2

a) Vypočítejte pH $4,5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku hydroxidu strontnatého.



Příklad 2

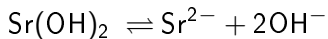
a) Vypočítejte pH $4,5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku hydroxidu strontnatého.



$$p\text{OH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 2c = -\log 2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} = 3,05$$

Příklad 2

a) Vypočítejte pH $4,5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku hydroxidu strontnatého.

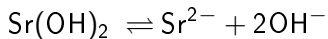


$$p\text{OH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 2c = -\log 2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} = 3,05$$

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 14 - 3,05 = 10,95$$

Příklad 2

a) Vypočítejte pH $4,5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku hydroxidu strontnatého.



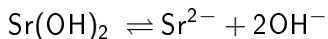
$$p\text{OH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 2c = -\log 2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} = 3,05$$

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 14 - 3,05 = 10,95$$

b) Jaká je látková koncentrace hydroxidu sodného v roztoku o $p\text{H} = 11,10$?

Příklad 2

a) Vypočítejte pH $4,5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku hydroxidu strontnatého.



$$p\text{OH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 2c = -\log 2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} = 3,05$$

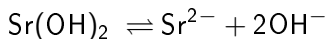
$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 14 - 3,05 = 10,95$$

b) Jaká je látková koncentrace hydroxidu sodného v roztoku o $p\text{H} = 11,10$?

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 14 + \log c$$

Příklad 2

a) Vypočítejte pH $4,5 \cdot 10^{-4}$ molárního roztoku hydroxidu strontnatého.



$$p\text{OH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 2c = -\log 2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} = 3,05$$

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 14 - 3,05 = 10,95$$

b) Jaká je látková koncentrace hydroxidu sodného v roztoku o $p\text{H} = 11,10$?

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 14 + \log c$$

$$c = 10^{p\text{H}-14} = 10^{11,10-14} = 10^{-2,9} = 1,2589 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Příklad 3

Jaké pH má roztok vzniklý ředěním 30 ml roztoku NaOH o $c(\text{NaOH}) = 0,50 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ na 250 ml?

Příklad 3

Jaké pH má roztok vzniklý ředěním 30 ml roztoku NaOH o $c(\text{NaOH}) = 0,50 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ na 250 ml?

chová se jako silná zásada

Příklad 3

Jaké pH má roztok vzniklý ředěním 30 ml roztoku NaOH o $c(\text{NaOH}) = 0,50 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ na 250 ml?

chová se jako silná zásada

Jaká je koncentrace OH iontů ve výsledném roztoku?

$$c(\text{OH}) = \frac{n}{V_{\text{celk}}} = \frac{n \cdot c_{\text{puv}}}{V_{\text{celk}}} = \frac{0,03 \cdot 0,50}{0,250} = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Příklad 3

Jaké pH má roztok vzniklý ředěním 30 ml roztoku NaOH o $c(\text{NaOH}) = 0,50 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ na 250 ml?

chová se jako silná zásada

Jaká je koncentrace OH iontů ve výsledném roztoku?

$$c(\text{OH}) = \frac{n}{V_{\text{celk}}} = \frac{n \cdot c_{\text{puv}}}{V_{\text{celk}}} = \frac{0,03 \cdot 0,50}{0,250} = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$p\text{OH} = -\log 6,0 \cdot 10^{-2} = 1,22$$

Příklad 3

Jaké pH má roztok vzniklý ředěním 30 ml roztoku NaOH o $c(\text{NaOH}) = 0,50 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ na 250 ml?

chová se jako silná zásada

Jaká je koncentrace OH iontů ve výsledném roztoku?

$$c(\text{OH}) = \frac{n}{V_{\text{celk}}} = \frac{n \cdot c_{\text{puv}}}{V_{\text{celk}}} = \frac{0,03 \cdot 0,50}{0,250} = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$p\text{OH} = -\log 6,0 \cdot 10^{-2} = 1,22$$

$$p\text{H} \text{ je tedy } 14 - 1,22 = 12,78$$

Příklad 4

Bylo smícháno 150 ml vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové o pH 3,62 a 150 ml vodného roztoku těžé kyseliny o pH 4,70. Jaké je výsledné pH směsi?

Příklad 4

Bylo smícháno 150 ml vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové o pH 3,62 a 150 ml vodného roztoku těžé kyseliny o pH 4,70. Jaké je výsledné pH směsi?

Řešení: chová se jako silná kyselina

Příklad 4

Bylo smícháno 150 ml vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové o pH 3,62 a 150 ml vodného roztoku těžé kyseliny o pH 4,70. Jaké je výsledné pH směsi?

Řešení: chová se jako silná kyselina

Hodnoty pH nelze sečíst (jsou to logaritmy, takže jejich součet by představoval součin koncentrací H^+). Vypočteme tedy nejprve koncentraci iontů H^+ v obou roztocích:

Příklad 4

Bylo smícháno 150 ml vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové o pH 3,62 a 150 ml vodného roztoku těžé kyseliny o pH 4,70. Jaké je výsledné pH směsi?

Řešení: chová se jako silná kyselina

Hodnoty pH nelze sečíst (jsou to logaritmy, takže jejich součet by představoval součin koncentrací H^+). Vypočteme tedy nejprve koncentraci iontů H^+ v obou roztocích:

$$[H^+]_1 = 10^{-3,62} = 2,399 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad \dots n = 2,399 \cdot 10^{-4} \cdot 0,150 = 3,59 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Příklad 4

Bylo smícháno 150 ml vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové o pH 3,62 a 150 ml vodného roztoku těžé kyseliny o pH 4,70. Jaké je výsledné pH směsi?

Řešení: chová se jako silná kyselina

Hodnoty pH nelze sečíst (jsou to logaritmy, takže jejich součet by představoval součin koncentrací H^+). Vypočteme tedy nejprve koncentraci iontů H^+ v obou roztocích:

$$[H^+]_1 = 10^{-3,62} = 2,399 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad \dots n = 2,399 \cdot 10^{-4} \cdot 0,150 = 3,59 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$[H^+]_2 = 10^{-4,70} = 1,995 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad \dots n = 1,995 \cdot 10^{-5} \cdot 0,150 = 2,99 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Příklad 4

Bylo smícháno 150 ml vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové o pH 3,62 a 150 ml vodného roztoku těžé kyseliny o pH 4,70. Jaké je výsledné pH směsi?

Řešení: chová se jako silná kyselina

Hodnoty pH nelze sečíst (jsou to logaritmy, takže jejich součet by představoval součin koncentrací H^+). Vypočteme tedy nejprve koncentraci iontů H^+ v obou roztocích:

$$[H^+]_1 = 10^{-3,62} = 2,399 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad \dots n = 2,399 \cdot 10^{-4} \cdot 0,150 = 3,59 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$[H^+]_2 = 10^{-4,70} = 1,995 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad \dots n = 1,995 \cdot 10^{-5} \cdot 0,150 = 2,99 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Výsledná koncentrace

Příklad 4

Bylo smícháno 150 ml vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové o pH 3,62 a 150 ml vodného roztoku těže kyseliny o pH 4,70. Jaké je výsledné pH směsi?

Řešení: chová se jako silná kyselina

Hodnoty pH nelze sečíst (jsou to logaritmy, takže jejich součet by představoval součin koncentrací H^+). Vypočteme tedy nejprve koncentraci iontů H^+ v obou roztocích:

$$[H^+]_1 = 10^{-3,62} = 2,399 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad \dots n = 2,399 \cdot 10^{-4} \cdot 0,150 = 3,59 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$[H^+]_2 = 10^{-4,70} = 1,995 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad \dots n = 1,995 \cdot 10^{-5} \cdot 0,150 = 2,99 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Výsledná koncentrace

$$[H^+] = \frac{3,59 \cdot 10^{-5} + 2,99 \cdot 10^{-6}}{0,3} = 1,299 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Příklad 4

Bylo smícháno 150 ml vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové o pH 3,62 a 150 ml vodného roztoku těže kyseliny o pH 4,70. Jaké je výsledné pH směsi?

Řešení: chová se jako silná kyselina

Hodnoty pH nelze sečíst (jsou to logaritmy, takže jejich součet by představoval součin koncentrací H^+). Vypočteme tedy nejprve koncentraci iontů H^+ v obou roztocích:

$$[H^+]_1 = 10^{-3,62} = 2,399 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad \dots n = 2,399 \cdot 10^{-4} \cdot 0,150 = 3,59 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$[H^+]_2 = 10^{-4,70} = 1,995 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad \dots n = 1,995 \cdot 10^{-5} \cdot 0,150 = 2,99 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Výsledná koncentrace

$$[H^+] = \frac{3,59 \cdot 10^{-5} + 2,99 \cdot 10^{-6}}{0,3} = 1,299 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log 1,299 \cdot 10^{-4} = 3,89$$

Příklad 5

Do nádoby se 100 litry destilované vody jsme přidali $1 \mu\text{l}$ roztoku HCl o koncentraci $1,00 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Jak se změní pH?

Příklad 5

Do nádoby se 100 litry destilované vody jsme přidali $1 \mu\text{l}$ roztoku HCl o koncentraci $1,00 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Jak se změní pH?

Řešení: chová se jako silná kyselina, ale...!

Příklad 5

Do nádoby se 100 litry destilované vody jsme přidali $1 \mu\text{l}$ roztoku HCl o koncentraci $1,00 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Jak se změní pH?

Řešení: chová se jako silná kyselina, ale...!

$$V = 100 \text{ l};$$

$$V_1 = 10^{-6} \text{ l};$$

$$c_1 = 1,00 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$c_2 = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_{\text{celk}}} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{100} = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Příklad 5

Do nádoby se 100 litry destilované vody jsme přidali 1 μl roztoku HCl o koncentraci $1,00 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Jak se změní pH?

Řešení: chová se jako silná kyselina, ale...!

$$V = 100 \text{ l};$$

$$V_1 = 10^{-6} \text{ l};$$

$$c_1 = 1,00 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$c_2 = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_{\text{celk}}} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{100} = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Koncentrace kyseliny c_2 (resp. H^+ iontů) je natolik nízká, že nelze zanedbat autoprotolýzu vody. Dosazením do přesného řešení dostáváme

$$[\text{H}^+] = \frac{c_2 + \sqrt{c_2^2 + 4 \cdot K_V}}{2} = 1,06 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Příklad 5

Do nádoby se 100 litry destilované vody jsme přidali 1 μl roztoku HCl o koncentraci $1,00 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Jak se změní pH?

Řešení: chová se jako silná kyselina, ale...!

$$V = 100 \text{ l};$$

$$V_1 = 10^{-6} \text{ l};$$

$$c_1 = 1,00 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$c_2 = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_{\text{celk}}} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{100} = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Koncentrace kyseliny c_2 (resp. H^+ iontů) je natolik nízká, že nelze zanedbat autoprotolýzu vody. Dosazením do přesného řešení dostáváme

$$[\text{H}^+] = \frac{c_2 + \sqrt{c_2^2 + 4 \cdot K_V}}{2} = 1,06 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

pH je tedy 6,97.

Zanedbání autoprotolýzy vody by v tomto případě vedlo (výpočet podle vztahu $\text{pH} = -\log c$) k na první pohled nesmyslnému výsledku $\text{pH} = 8$!!!

Příklady navíc

- Kolik mililitrů roztoku kyseliny chloristé ($c = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) je třeba přidat k 1000 ml roztoku téže kyseliny o $\text{pH} = 4,20$, aby výsledná hodnota pH klesla na 3,50?
- Jaké bude pH roztoku, jestliže 25 ml kyseliny chlorovodíkové (12% m/m, $\rho = 1,0574 \text{ kg} \cdot \text{l}^{-1}$) zředíme vodou na objem 500 ml? $M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Jaké pH bude mít roztok, smísí-li se 300 ml kyseliny chlorovodíkové o $\text{pH} = 3,00$ a 100 ml hydroxidu sodného o $\text{pH} = 12,00$?