

3 Acidobazické reakce

Brønstedova teorie

1. Uveďte explicitní definice podle Brønstedovy teorie.

Kyselina je

Báze je

Konjugovaný pár je

2. Doplňte tabulku a pojmenujte všechny sloučeniny.

Kyselina	Konjugovaná báze	Báze	Konjugovaná kyselina
H ₂ O	H ₂ O	.....
H ₂ S	OH ⁻
HCl	O ²⁻
H ₃ PO ₄	HS ⁻
H ₂ PO ₄ ⁻	NH ₃	.....
HClO	CO ₃ ²⁻
H ₃ O ⁺	PO ₄ ³⁻
R ₂ NH ₂ ⁺	R-NH ₂	.....
[Al(H ₂ O) ₆] ³⁺	CH ₃ -COO ⁻
R-SO ₃ H	(●) guanidin ^a	.....
C ₆ H ₅ -OH	(●) imidazol ^a	.....
mléčná kyselina ^a	(●) pyrrolidin ^a	.....
salicylová kyselina ^a	(●) pyridin ^a	.....

^a Vyjádřete strukturním vzorcem.

Příklady silných kyselin

HCl, HBr, HI, H₂SO₄, HNO₃, HClO₄, R-SO₃H, R-O-SO₃H

3. Pojmenujte uvedené silné kyseliny.

4. Zapište rovnici, která vystihuje chování silné kyseliny HA ve vodě.

5. (*) Může být silnou kyselinou i karboxylová kyselina?

Příklady slabých anorganických a organických kyselin a jejich pK_A hodnot (25 °C)

Kyselina	pK_A	Kyselina	pK_A
HOOC-COOH	1,25; 4,29	H ₂ CO ₃	6,35; 10,33
HNO ₂	3,35	H ₂ S	7,07; 12,20
HCOOH	3,75	NH ₄ ⁺	9,25
H ₃ PO ₄	2,16; 7,20; 12,29	C ₆ H ₅ -OH	9,98
CH ₃ COOH	4,76	HOOC-CH ₂ -NH ₃ ⁺	2,35; 10,00
[Al(H ₂ O) ₆] ³⁺	5,00	(NH ₂) ₂ C=NH ₂ ⁺	13,50

- Zapište rovnici, která vystihuje chování slabé kyseliny HA ve vodě.
- Které jsou tři nejslabší kyseliny v tabulce? Zvažte i různé stupně disociace.
- (*) Vypočtěte pK_A vody.
- (●) Některé organické kyseliny nemají karboxylovou skupinu a přesto jsou zřetelně kyselé (viz tabulka). Popište jejich strukturu a vysvětlete, co je příčinou jejich kyselého charakteru.

Kyselina	Chemický název	pK_A
Pikrová	0,40
L-Askorbová	4,17; 11,57
Močová	5,40; 10,30

Příklady silných hydroxidů

NaOH, KOH, Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Ba(OH)₂, NR₄⁺ OH⁻

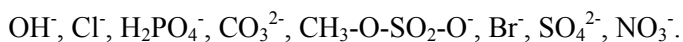
- Zapište rovnici, která vystihuje chování silného hydroxidu ve vodě.
- Tvrzení „Hydroxid sodný je silná báze“ není správné z hlediska Brønstedovy teorie. Vysvětlete a uveďte korektní formulaci.

Příklady slabých dusíkatých bází a jejich pK_B hodnot (25 °C)

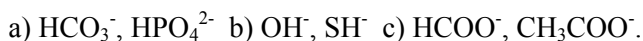
Báze	pK_B	Báze	pK_B
Guanidin	0,50	Imidazol	6,90
Pyrrolidin	2,70	Papaverin	8,00
Methylamin	3,36	Pyridin	8,82
Efedrin	4,64	Anilin	9,38
Amoniak	4,75	Difenylamin	13,20
Kodein	6,05	Kofein	13,40

- Zapište rovnici, která vystihuje chování slabé báze B ve vodě. Uveďte konkrétní reakce pro methylamin a pyridin.

13. Které z uvedených aniontů prakticky nemají bazické vlastnosti? Vysvětlete proč.



14. Z uvedených dvojic vyberte silnější bázi (využijte hodnot $\text{p}K_A$ na předchozí straně)



Výpočty pH

15. Doplňte chybějící vztahy:

$K_v = \dots\dots\dots (20^\circ\text{C})$	$\text{p}K_A + \text{p}K_B \text{ (konjug. pár)} = 14$
$\text{p}K_v = 14 \quad (20^\circ\text{C})$	$\text{pH (silná kyselina)} = -\log c_A$
$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$	$\text{pH (silný hydroxid)} = \dots\dots\dots$
$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$	$\text{pH (slabá kyselina)} = \frac{1}{2} \text{p}K_A - \frac{1}{2} \log c_A$
$\text{pH} + \text{pOH} = 14$	$\text{pH (slabá báze)} = \dots\dots\dots$

Příklad. Vypočtete pH roztoku H_2SO_4 (0,001 mol/l).

Kyselina sírová je dvojsytná kyselina a silný elektrolyt. Za předpokladu úplné disociace do obou stupňů platí, že jeden mol H_2SO_4 poskytne dva moly protonů.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (2 c_A) = -\log (2 \cdot 0,001) = 2,7$$

Příklad. Vypočtete koncentraci roztoku NaOH, jestliže $\text{pH} = 11$.

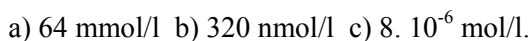
NaOH je silný hydroxid (elektrolyt) a proto $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log [\text{NaOH}]$.

Z toho plyne: $[\text{NaOH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3} = 0,001 \text{ mol/l} = 1 \text{ mmol/l}$.

Příklad. Jaké je pH roztoku octové kyseliny o koncentraci 0,1 mol/l?

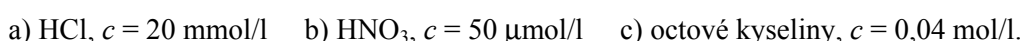
$$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_A - \frac{1}{2} \log c_A = \frac{1}{2} 4,76 - \frac{1}{2} \log 0,1 = 2,38 - (-0,5) = 2,88$$

16. Vypočtete pH roztoku, jestliže koncentrace vodíkových iontů je:



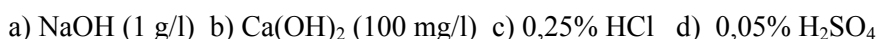
17. Jaká je koncentrace hydroxidových iontů, jestliže pH roztoku je a) 8,3 b) 10,8 c) 12,7 ?

18. Vypočtete pH roztoku:



19. Roztok kyseliny dusité (0,01 mol/l) má pH 2,65. Vypočtete disociační konstantu.

20. Vypočtete pH roztoku:



21. Vypočtete koncentraci kyseliny (hydroxidu) v roztoku:
 a) HCl, pH = 3,5 b) NaOH, pH = 12 c) Ca(OH)₂, pH = 12 d) HNO₃, pH = 1,7
 e) H₂SO₄, pH = 3 f) CH₃COOH, pH = 3,7
22. Vypočtete koncentraci roztoku amoniaku o pH = 11.

Hydrolyza solí

23. Vysvětlete pojmy: a) disociace soli b) hydrolyza iontu
24. Proč některé soli podléhají ve vodném roztoku hydrolyze a jiné nikoliv?
25. Vyberte správnou odpověď: při hydrolyze kationtu vzniká vždy a) H₃O⁺ b) OH⁻.
26. Jakou reakci budou mít vodné roztoky těchto solí: CuCl₂, NH₄NO₃, KHCO₃, CH₃NH₃Cl, NaCN, BaCl₂, MgSO₄, FeSO₄, AlCl₃, CH₃(CH₂)₁₆COONa, Ca(H₂PO₄)₂, C₆H₅ONa.
27. Která z uvedených solí bude mít neutrální reakci ve vodném roztoku: NaNO₃, NaNO₂, KCl, KCN, CaCl₂, Ca(H₂PO₄)₂, NH₄Cl, KClO₃, CH₃CH₂-O-SO₃Na, CH₃CH₂-COONa, CH₃CH₂-SO₃Na.

Pufry

28. Uveďte obecnou definici pufru.
29. Uveďte příklady běžně používaných pufrů.
30. Vysvětlete vztah na výpočet pH pufru.
31. Co je to kapacita pufru a na čem závisí?
32. Z uvedených dvojic vyberte ty, které mohou tvořit pufr:
 a) HCl + NaOH b) HCl + NaCl c) H₂CO₃ + KHCO₃ d) NH₃ + NH₄Cl
 e) Na₂CO₃ + NaHCO₃ f) HCOOH + HCOONa g) CH₃NH₂ + CH₃NH₃Cl
 h) Ca(OH)₂ + Ca(ClO)₂ i) NaNO₃ + NaCl k) HOOC-CH₂-NH₃Cl + NaOOC-CH₂-NH₃Cl
33. Která složka pufru NaH₂PO₄ + Na₂HPO₄ bude reagovat s přidanou kyselinou chlorovodíkovou? Vyjádřete děj rovnicí.
34. Vyjádřete rovnicí reakci, která nastane po přidání NaOH do octanového pufru.
35. Jak byste připravili roztok pufru o pH = pK_A, máte-li k dispozici roztok slabé kyseliny (R-COOH) o známé koncentraci, pevný KOH, odměrné nádoby a váhy?
36. Pro určitou úlohu v praktickém cvičení potřebujete upravit pH vzorku vody na hodnotu pH = 4. Který z následujících pufrů můžete použít:
 a) borátový (H₃BO₃ + Na₂B₄O₇, pK_A = 9,24)
 b) acetátový (CH₃COOH + CH₃COONa, pK_A = 4,76)
 c) fosfátový (NaH₂PO₄ + Na₂HPO₄, pK_A = 7,20)
 Jak daný pufr připravíte?
37. Vypočtete pH roztoku, který vznikne smícháním 2 ml roztoku octové kyseliny (0,1 mol/l) a 6 ml roztoku octanu sodného (0,1 mol/l).

$$\text{pH} = \text{p}K_A + \log \frac{[\text{pufr. báze}]}{[\text{pufr. kyselina}]}$$

38. Vypočtete pH pufru, který byl připraven smícháním stejných objemů roztoků NaH_2PO_4 (0,2 mol/l) a Na_2HPO_4 (0,6 mol/l).
39. Vypočtete poměr objemů roztoků Na_3PO_4 a Na_2HPO_4 (koncentrace obou je 0,25 mol/l), který je třeba zvolit na přípravu pufru o $\text{pH} = 10,9$.

Pufrační systémy v krvi

Pufrační systém	Zastoupení	Pufrační báze	Pufrační kyselina	pK_A pufr. kyseliny
Hydrogenuhlíčitánový	50 %	HCO_3^-	$\text{H}_2\text{CO}_3, \text{CO}_2$	6,1
Proteiny ^a	45 %	Protein-His	Protein-His- H^+	6,0-8,0 ^b
Hydrogenfosfátový	5 %	HPO_4^{2-}	H_2PO_4^-	6,8

^a V krevní plazmě hlavně albumin, v erythrocytech hemoglobin. ^b Výrazně závisí na typu bílkoviny.

40. Vysvětlete, jakou funkci mají pufrační systémy v živém organismu.
41. Uveďte nejdůležitější pufrы v extracelulární tekutině.

Hydrogenuhlíčitánový pufr



42. Vysvětlete rovnováhy mezi složkami hydrogenuhlíčitánového pufru.
Který děj v lidském těle je největším producentem CO_2 ?
43. Která složka hydrogenuhlíčitánového pufru je pufrační báze?
44. Které dvě sloučeniny představují kyselou složku pufru?
45. Napište Hendersonovu-Hasselbalchovu rovnici pro hydrogenuhlíčitánový pufr.
46. Jakým způsobem se v praxi vyjadřuje koncentrace kyselé složky hydrogenuhlíčitánového pufru?

(●) Bílkoviny jako pufrы [viz také kapitola 13]

47. Vysvětlete, proč mohou molekuly bílkovin působit jako pufrы (při různých hodnotách pH).
48. Doplňte kyselá a protonizovaná bazická skupiny v postranních řetězcích aminokyselin:

Aminokyselina:	Asp	Glu	His	Cys	Tyr	Lys	Arg
Název skupiny:	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Vzorec skupiny:	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
pK_A skupiny:	3,9	4,3	6,0	8,3	10,1	10,5	12,5

49. Které aminokyseliny se mohou podílet na pufračním účinku bílkovin při $\text{pH} 7,4$?

Příklady – Pufrační systémy v organismu

50. Jakému parciálnímu tlaku CO_2 odpovídá pH krve 7,30 při koncentraci HCO_3^- 20 mmol/l?
51. Vypočítejte poměr obou složek hydrogenuhlíčitánového pufru při pH krve 7,40.
52. Vypočítejte, jaký je poměr koncentrace hydrogenfosfátů [$\text{pK}_A(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 6,8$]
a) v krevní plazmě při $\text{pH} 7,40$ b) v moči při $\text{pH} 4,8$.

(*) Kyseliny v lidském organismu

53. Doplňte názvy kyselin v následujících tvrzeních.

- Při práci „na kyslíkový dluh“ se ve svalové tkáni hromadí kyselina.
- Při dlouhodobém hladovění se v těle zvyšuje produkce kyseliny a kyseliny
- Při otravě methanolem vzniká závažná metabolická acidóza způsobená relativně silnou kyselinou
- Užívání vysokých dávek vitamínu C není zdraví prospěšné, protože je v těle zvýšeně odbouráván na nežádoucí kyselinu
- Při těžkých katabolických stavech (nadměrném rozpadu velkého množství buněk) se zvyšuje endogenní tvorba omezeně rozpustné kyseliny
- Vysoký příjem bílkovin v potravě vede k okyselování extracelulární tekutiny a moče v důsledku zvýšené produkce H^+ disociovaných ze silné kyseliny, která vzniká katabolismemkyseliny

3 Acidobazické reakce

$$8. K_A(H_2O) = 10^{-14} / 55,55 = 1,8 \cdot 10^{-16} \Rightarrow pK_A(H_2O) = 15,75$$

Výpočty pH

16. a) 1,2 b) 6,5 c) 5,1 17. a) 2 $\mu\text{mol/l}$ b) 0,63 mmol/l c) 50 mmol/l

18. a) 1,7 b) 4,3 c) 3,08 19. $5 \cdot 10^{-4}$ 20. a) 12,4 b) 11,4 c) 1,2 d) 2 21. a) $3,2 \cdot 10^{-4}$ mol/l

b) 10 mmol/l c) 5 mmol/l d) 20 mmol/l e) $5 \cdot 10^{-4}$ mol/l f) 2 mmol/l 22. 56 mmol/l

Pufry

37. 5,24 38. 7,68 39. 1:25

Pufrační systémy v organismu

50. 5,5 kPa 51. $[\text{HCO}_3^-] : [\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2] = 20:1$

52. a) $[\text{HPO}_4^{2-}] : [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 4:1$ b) $[\text{HPO}_4^{2-}] : [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 1:100$