

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

- Pojmenujte uvedené silné kyseliny.
- Zapište rovnici, která vystihuje chování silné kyseliny HA ve vodě.
- 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.
- Vypočtete 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

12. Zapište rovnici, která vystihuje chování slabé báze B ve vodě.
Uved'te konkrétní reakce pro methylamin a pyridin.
13. Které z uvedených aniontů prakticky nemají bazické vlastnosti? Vysvětlete proč.
 OH^- , Cl^- , H_2PO_4^- , CO_3^{2-} , $\text{CH}_3\text{-O-SO}_2\text{-O}^-$, Br^- , SO_4^{2-} , NO_3^- .
14. Z uvedených dvojic vyberte silnější bázi (využijte hodnot $\text{p}K_A$ na předchozí straně)
a) HCO_3^- , HPO_4^{2-} b) OH^- , SH^- c) HCOO^- , CH_3COO^- .

Výpočty pH

15. Doplňte chybějící vztahy:

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

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:
a) 64 mmol/l b) 320 nmol/l c) $8 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$.
17. Jaká je koncentrace hydroxidových iontů, jestliže pH roztoku je a) 8,3 b) 10,8 c) 12,7 ?
18. Vypočtete pH roztoku:
a) HCl, $c = 20 \text{ mmol/l}$ b) HNO_3 , $c = 50 \mu\text{mol/l}$ c) octové kyseliny, $c = 0,04 \text{ mol/l}$.
19. Roztok kyseliny dusité (0,01 mol/l) má pH 2,65. Vypočtete disociační konstantu.

20. Vypočtete pH roztoku:

a) NaOH (1 g/l) b) Ca(OH)₂ (100 mg/l) c) 0,25% HCl d) 0,05% H₂SO₄

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 solí 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. Napište rovnice hydrolyzy iontů: CO₃²⁻, PO₄³⁻, [Cu(H₂O)₄]²⁺, NH₄⁺, NO₂⁻, [Fe(H₂O)₆]³⁺,

CH₃-NH₃⁺, [Al(H₂O)₆]³⁺, CH₃COO⁻, pyridinium, HS⁻.

27. Jakou reakci budou mít vodné roztoky těchto solí: CuCl₂, NH₄NO₃, KHCO₃, CH₃NH₃Cl, NaCN,

BaCl₂, MgSO₄, FeSO₄, AlCl₃, CH₃(CH₂)₁₆COONa, Ca(H₂PO₄)₂, C₆H₅ONa.

28. 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.

Amfiprotní anionty

29. Vysvětlete pojem amfiprotní anion.

30. Při hydrolyze amfiprotního aniontu se pH určí podle vztahu:

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_{A1} + \frac{1}{2} \text{p}K_{A2} \quad (\text{vysvětlete}).$$

31. Určete přibližnou hodnotu pH vodných roztoků: NaHS, NaHCO₃, KH₂PO₄, Na₂HPO₄.

Pufry

32. Uveďte obecnou definici pufru.

33. Uveďte příklady běžně používaných pufrů.

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

34. Vysvětlete vztah na výpočet pH pufru.

35. Co je to kapacita pufru a na čem závisí?

36. 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

37. Která složka pufru NaH₂PO₄ + Na₂HPO₄ bude reagovat s přidanou kyselinou chlorovodíkovou?

Vyjádřete děj rovnicí.

38. Vyjádřete rovnicí reakci, která nastane po přidání NaOH do octanového pufru.

39. Jak byste připravili roztok pufru o $\text{pH} = \text{p}K_A$, máte-li k dispozici roztok slabé kyseliny (R-COOH) o známé koncentraci, pevný KOH , odměrné nádoby a váhy?
40. Pro určitou úlohu v praktickém cvičení potřebujete upravit pH vzorku vody na hodnotu $\text{pH} = 4$.
Který z následujících pufrů můžete použít:
- borátový ($\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, $\text{p}K_A = 9,24$)
 - acetátový ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$, $\text{p}K_A = 4,76$)
 - fosfátový ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$, $\text{p}K_A = 7,20$)
- Jak daný pufr připravíte?
41. Vypočítejte pH roztoku, který vznikne smícháním 2 ml roztoku octové kyseliny (0,1 mol/l) a 6 ml roztoku octanu sodného (0,1 mol/l).
42. Ke 100 ml roztoku NaH_2PO_4 (0,1 mol/l) bylo přidáno 50 ml roztoku NaOH (0,1 mol/l). Jaké je výsledné pH roztoku?
43. V jakém poměru je třeba smíchat roztoky CH_3COOH a CH_3COONa (oba 0,1 mol/l), abychom získali roztok o $\text{pH} = 5,7$?
44. Vypočítejte pH pufru, který byl připraven smícháním stejných objemů roztoků NaH_2PO_4 (0,2 mol/l) a Na_2HPO_4 (0,6 mol/l).
45. Jaké je pH octanového pufru, který byl připraven ze dvou litrů octové kyseliny (0,15 mol/l) a 3 g pevného NaOH ?
46. Vypočítejte 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 $\text{pH} = 10,9$.
47. Vypočítejte $\text{p}K_A$ ftalové kyseliny, jestliže pufr připravený z jednoho litru roztoku ftalové kyseliny (0,15 mol/l) a 500 ml natrium-hydrogen-ftalátu (0,6 mol/l) má $\text{pH} = 3,25$.

Pufrační systémy v plné krvi

Pufrační systém	Zastoupení	Pufrační báze	Pufrační kyselina	$\text{p}K_A$
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 Závisí na strukturálním okolí histidinu.

48. Vysvětlete, jakou funkci mají pufrační systémy v živém organismu.
49. Uveďte nejdůležitější pufr v extracelulární tekutině.

Hydrogenuhlíčitánový pufr



50. Vysvětlete rovnováhy mezi složkami hydrogenuhlíčitánového pufru.
Který děj v lidském těle je největším producentem CO_2 ?
51. Která složka hydrogenuhlíčitánového pufru je pufrační báze?

52. Které dvě sloučeniny představují kyselou složku pufru?
53. Napište Hendersonovu-Hasselbalchovu rovnici pro hydrogenuhličitanový pufr.
54. Jakým způsobem se v praxi vyjadřuje koncentrace kyselé složky hydrogenuhličitanového pufru?
55. Kyselina uhličitá má $pK_{A1} = 6,35$ (viz tabulka). Ve vztahu pro hydrogenuhličitanový pufr je uvedena hodnota $pK_A = 6,1$. Pokuste se vysvětlit, co je příčinou rozdílu.

Bílkoviny jako pufr [viz také kapitola 13]

56. Vysvětlete, proč mohou molekuly bílkovin působit jako pufr (při různých hodnotách pH).
57. Doplňte kyselá a protonizovaná bazická skupina 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

58. Které aminokyseliny se mohou podílet na pufracím účinku bílkovin při pH 7,4 ?

Příklady – Pufrací systémy v organismu

59. Jakému parciálnímu tlaku CO_2 odpovídá pH krve 7,30 při koncentraci HCO_3^- 20 mmol/l?
60. Vypočítejte poměr obou složek hydrogenuhličitanového pufru při pH krve 7,40.
61. Vypočítejte, jaký je poměr koncentrace hydrogenfosfátů [$pK_A(H_2PO_4^-) = 6,8$]
- a) v krevní plazmě při pH 7,40 b) v moči při pH 4,8.

Kyseliny v lidském organismu

62. 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 katabolismem aminokyseliny