

1 Základní chemické výpočty. Koncentrace roztoků

Množství látky (Doplňte tabulku)

Veličina	Symbol	Jednotka SI	Jednotky v biochemii	Veličina se zjišťuje
Počet částic	N	.....	.....	výpočtem
Látkové množství	n	.....	.....	.....
Hmotnost	m	.....	.....	vážením
Objem	V	.....	.....	.....

Základní vztahy (Vysvětlete význam jednotlivých symbolů)

$$n = N/N_A = m/M = V/V_M$$

$$A_r(\text{X}) = m(\text{X})/m_u$$

Příklad. Jaké látkové množství je obsaženo v jednom litru vody (hustota = 1 g/ml)?

Z hustoty vyplývá, že 1 ml vody má hmotnost 1 g a tedy 1 litr má hmotnost 1 kg.

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = A_r(\text{H}) + A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 1 + 1 + 16 = 18.$$

M_r se číselně rovná molové hmotnosti v gramech $\Rightarrow M = 18 \text{ g/mol}$.

$$\text{Počet molů v jednom litru} = n = \frac{m}{M} = \frac{1000 \text{ (g)}}{18 \text{ (g/mol)}} = 55,6 \text{ mol.}$$

Příklad. Kolik procent kyslíku obsahuje voda?

Jeden mol H_2O má hmotnost 18 g a obsahuje 1 mol atomového kyslíku

o hmotnosti 16 g. Z přímé úměry vyplývá:

18 g H_2O obsahuje 16 g O

100 g H_2O obsahuje x

$$x = (100 \cdot 16)/18 = 88,9 \Rightarrow \text{Voda obsahuje } 88,9 \% \text{ kyslíku.}$$

Koncentrace roztoků (Doplňte, hmotnost roztoku m , objem roztoku V , hmotnost rozpouštědla m_r)

Koncentrace látky B	Označení	Definice	Jednotky
Látková koncentrace	c_B	.....	.....
Hmotnostní koncentrace	ρ_B	.....	.....
Hmotnostní zlomek	w_B	.....	.....
Objemový zlomek	φ_B	.....	.....
Molalita	c_{mB}	.....	.....

Různé způsoby vyjádření hmotnostního zlomku (Doplňte tabulku)

Procenta ^a	$w_B = 100 (m_B/m) \%$
Promile ^a	$w_B = \dots\dots\dots \text{‰}$
Parts per million ^b	$w_B = \dots\dots\dots \text{ppm}$

^a Odvozeno z latiny: per centum, per mille. ^b Anglicky.

Rozdíl mezi hustotou a hmotnostní koncentrací (Doplňte tabulku)

Veličina	Definice	Jednotky
Hmotnostní koncentrace látky B	.....	.....
Hustota roztoku	.....	$\text{g/cm}^3 = \text{g/ml} = \text{kg/l}$
Hustota látky B	m_B/V_B	.....

Základní vztahy

<p>Zředování roztoků</p> $w_1 m_1 = w_2 m_2$ $c_1 V_1 = c_2 V_2$

<p>Číslo zředění</p> $D = V_{\text{konečný}} / V_{\text{původní}}$

<p>Směšování roztoků</p> $w_1 m_1 + w_2 m_2 = (m_1 + m_2) w_3$

Příklad. Jak připravíte 250 g 5% roztoku KCl ve vodě?
 Zadané údaje dosadíme do vztahu pro hmotnostní zlomek:
 $w = 0,05 = m(\text{KCl})/250$
 z toho $m(\text{KCl}) = 12,5 \text{ g}$. Hmotnost vody získáme odečtením od hmotnosti roztoku:
 $250 - 12,5 = 237,5 \text{ g}$, což odpovídá 237,5 ml vody.
 Daný roztok připravíme rozpuštěním 12,5 g KCl ve 237,5 ml vody.

Příklad. Jak připravíte 10× zředěný roztok?
 $D = 10 = 10/1 = (1+9)/1$
 Jeden objemový díl roztoku smícháme s devíti objemovými díly rozpouštědla.

<p>Příklad. Jaká je látková koncentrace 36,5% HCl o hustotě 1,18 g/ml ? $M = 36,46 \text{ g/mol}$.</p>
--

Z hustoty vyplývá, že 1 litr kyseliny má hmotnost 1180 g. Známe tedy hmotnost jednoho litru, hmotnostní zlomek HCl a můžeme vypočítat hmotnost rozpuštěného chlorovodíku.

$$w_{\text{HCl}} = 0,365 = m(\text{HCl})/1180, \text{ z toho } m(\text{HCl}) = 430,7 \text{ g.}$$

Počet molů HCl v uvažovaném litru je:

$$n(\text{HCl}) = m/M = 430,7/36,46 = 11,81 \text{ mol.}$$

Látková koncentrace uvedené kyseliny je 11,8 mol/l.

Příklady – Množství látky

1. Vypočítejte M_r sloučenin: a) dusičnan draselný b) aceton c) močovina d) isopropyl-butanoát.
2. Vypočítejte absolutní a relativní hmotnost molekuly kyslíku.
3. Kolik atomů je ve 20 g mědi?
4. Z kolika atomů stříbra se přibližně skládá 1 cm³ ryzího kovu o hustotě 10,5 g/cm³ ?
5. Vypočítejte hmotnost 10 molů vody.
6. Vypočítejte hmotnost a objem 1,5 mol kyslíku za standardních podmínek.
7. Jaké látkové množství vody a kolik molekul je v 1 litru vody?
8. Jaké látkové množství odpovídá 250 g oxidu siřičitého?
9. Jaké látkové množství glukosy má hmotnost 115 mg?
10. Jaké látkové množství NaCl má hmotnost 10 g a jaké látkové množství Na⁺ je v něm obsaženo?
11. Jaký objem za standardních podmínek zaujímá 95 g dusíku?
12. Kolik gramů, molů a molekul oxidu uhličitého je obsaženo v 12,1 litrech?
13. Kolik gramů kyslíku je obsaženo v 5,5 g chlorečnanu draselného?
14. Kolik % kyslíku obsahuje a) oxid draselný b) peroxid draselný c) superoxid draselný?
15. Denní exkrece močoviny močí je 330 - 600 mmol. Kolik je to gramů?
16. Tablety NaF obsahují 0,55 mg NaF. Jaké množství fluoridu je dodáno při dávkování 3 × 1 tableta denně?
17. Jedna šumivá tableta vitamínu C obsahuje 500 mg L-askorbátu ($M_r = 176$). Kolik je to molů?
18. Jaký objem oxidu uhličitého se získá dokonalým spálením jednoho molu glukosy ($M_r = 180$)?

Příklady – Hmotnostní zlomek

1. Vypočítejte hmotnostní procenta NaOH v roztoku připraveném z 15 g NaOH a 105 g vody.
2. Vypočítejte hmotnosti KI a vody potřebné k přípravě 230 g roztoku o koncentraci 2,5 %.
3. Kolik gramů glukosy je třeba rozpustit v 4,5 litrech vody, abychom dostali 15% roztok?
4. Jaký objem vody byl použit k přípravě 260 g roztoku o koncentraci rozpuštěné látky 15 %?
5. Vypočítejte hmotnost kys. sírové obsažené ve 200 ml 60% H₂SO₄ o hustotě 1,49 g/ml.
6. Vypočítejte hmotnost látky, z níž po rozpuštění v 1 litru vody vznikne 20% roztok.
7. Vypočítejte hmotnostní zlomek NaCl v roztoku připraveném z 60 g NaCl a 420 g vody.

8. Odpařením 3 kg vodovodní vody byl získán odparek o hmotnosti 1,2 g.
Jaký je obsah rozpuštěných solí a) v procentech b) v ppm?
9. Vzorek mořské vody (5 kg) obsahoval 335 mg bromidových aniontů. Kolik je to ppm?
10. Tavený sýr obsahuje 52 % sušiny a 65 % tuku v sušině. Kolik % tuku obsahuje sýr?
11. Na bolestivé afty v dutině ústní se může aplikovat následující roztok. Čísla udávají hmotnost v gramech, POZOR latinská předložka *ad* = do (hmotnosti celku).

<i>Rp.</i>	
<i>Argenti nitratis</i>	2,0
<i>Aquae destillatae ad</i>	50,0
<i>M. f. sol.</i>	

- a) Vypočítejte koncentraci účinné složky (hmot. %).
 - b) Předepište stejné množství roztoku o dvojnásobné koncentraci.
 - c) Předepište dvojnásobné množství roztoku o stejné koncentraci.
12. Klasická mast na dermatomykomy chodidel má složení:

<i>Rp.</i>	
<i>Acidi salicylici</i>	2,0
<i>Acidi benzoici</i>	4,0
<i>Vasellini albi ad</i>	60,0
<i>M. f. ung.</i>	

- a) Vypočítejte koncentrace obou kyselin (hmot. %).
- b) Předepište poloviční množství masti.
- c) Předepište stejné množství masti s dvojnásobnou koncentrací salicylové kyseliny
- d) Předepište 200 g masti s 5% koncentrací obou kyselin.

Příklady – Objemový zlomek, výpočty s hustotou

13. Roztok ethanolu ve vodě obsahuje 220 ml absolutního alkoholu ve 250 ml roztoku.
Hustota roztoku je 0,84 g/ml, hustota ethanolu je 0,80 g/ml. Vypočítejte: a) objemový zlomek ethanolu b) hmotnostní zlomek ethanolu c) látkovou koncentraci ethanolu.
14. Ethanol byl denaturován 8 obj. % methanolu. Určete objemové množství methanolu v 900 ml.
15. Vodný methanol (68 % hmot.) má hustotu 0,88 g/ml. Vypočítejte koncentraci v objemových procentech, je-li hustota methanolu 0,80 g/ml.
16. Vodný roztok ethanolu (25 % hmot.) má hustotu 0,962 g/ml. Jaká je hmotnostní koncentrace a) ethanolu b) vody?
17. Kolik gramů čistého alkoholu představuje vypití a) pěti piv s obsahem alkoholu 2,8 obj. % b) 0,5 l stolního vína s obsahem alkoholu 11 % ? Hustota ethanolu = 0,80 g/ml, hustota piva a vína je blízká 1 g/ml.

Příklady – Látková koncentrace

18. Odpovídá výsledek analýzy bilirubinu v krevním séru 0,7 mg/100 ml ($M = 584,7$ g/mol) fyziologickému rozmezí 5-20 $\mu\text{mol/l}$?
19. Vypočítejte hmotnost NaOH obsaženého v 150 ml roztoku o koncentraci 0,125 mol/l.
20. Vypočítejte látkovou koncentraci kreatininu ($M_r = 113$) v moči obsahující 175 mg/100 ml.
21. Vypočítejte objem roztoku NaOH (0,125 mol/l), který je možno připravit z 10 g hydroxidu ?
22. Kolik mg uhličitanu sodného je v 1 ml 0,05 molárního roztoku ?
23. Kolik ml 60% HNO_3 (hustota 1,367 g/ml) je třeba na přípravu 200 ml roztoku o koncentraci 0,1 mol/l?
24. 20% roztok KCl má hustotu 1,133 g/ml. Jaká je hmotnostní a látková koncentrace ?
25. Roztok NaNO_3 (3 mol/l) má hustotu 1,16 g/ml. Jaká je koncentrace v hmotnostních procentech?
26. Jaká je látková koncentrace 60% HBr o hustotě 1,679 g/ml ?

Příklady – Různé výpočty

27. Vypočítejte hmotnostní a látkovou koncentraci čistých látek:
a) voda (hustota 1,0 g/ml) b) ethanol (hustota 0,80 g/ml) c) glycerol (1,3 g/ml).
28. Kolikrát je třeba zředit roztok o koncentraci 4 mol/l, abychom získali roztok o koncentraci 0,2 mol/l a kolik objemových dílů rozpouštědla je nutné dodat k 1 dílu původního roztoku?
29. Jaká je koncentrace roztoku močoviny vzniklého smícháním 1 litru roztoku o koncentraci: 1 mol/l, 2 litrů o konc. 2 mol/l a 7 litrů o konc. 0,2 mol/l ?
30. Jaká je koncentrace roztoku, který byl připraven přidáním 0,1 molu NaOH do 200 ml 0,1 molárního roztoku NaOH a doplněním objemu na 500 ml ?
31. Byly smíchány 2 litry 0,5 molárního roztoku a 500 ml 2 molárního roztoku močoviny. Jaká je výsledná koncentrace?
32. Minerální voda Vincentka obsahuje 6,59 mg I⁻ v jednom litru. Jaké množství minerálky zaručí doporučenou denní dávku jodu 150 μg ?
33. Kolik miligramů kofeinu je obsaženo v jednom šálku kávy připraveném ze 7 g mleté kávy o průměrném obsahu kofeinu 2 %, jestliže účinnost extrakce horkou vodou není vyšší než 80 % ?
34. Při titraci 10 ml kyseliny chlorovodíkové byla spotřeba roztoku NaOH (101,4 mmol/l) 8,25 ml. Jaká je látková koncentrace kyseliny?

2 Roztoky elektrolytů. Osmotický tlak

1. Doplněním uvedených schémat vyjádřete rozdílné chování různých typů látek po jejich rozpuštění ve vodě. Použijte symboly $AB(aq)$, $A^+(aq)$, $B^-(aq)$. [*s* – pevná fáze, *aq* – v roztoku]



2. Doplněte v tabulce typ částic v roztoku (molekuly, ionty), zda se ustaví rovnováha (ano, ne) a jaká je míra disociace (úplná, částečná).

Charakteristika	Neelektrolyt	Slabý elektrolyt	Silný elektrolyt
Typ částic v roztoku
Rovnováha v roztoku
Míra disociace

3. Doplněte v tabulce další příklady sloučenin.

Neelektrolyt		Slabý elektrolyt		Silný elektrolyt	
Rozpustný	Málo rozpustný	Rozpustný	Málo rozpustný	Rozpustný	Málo rozpustný
methanol	oktanol	octová kys.	stearová kys.	MgSO ₄	CaSO ₄
acetamid	ethyl-acetát	askorbová kys.	močová kys.	KOH	Mg(OH) ₂
glukosa	celulosa	efedrin	morfin	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	CaHPO ₄
.....	.....	NH ₃	Al(OH) ₃	.....	.....
.....
.....

4. Zobecněte, které typy sloučenin se nejčastěji řadí mezi:
a) silné elektrolyty b) slabé elektrolyty c) neelektrolyty.

Reakce v roztocích elektrolytů

5. V roztocích elektrolytů mohou probíhat následující reakce:
a) acidobazické b) redoxní c) srážecí d) komplexotvorné.
Vysvětlete povahu těchto reakcí a uveďte typické příklady.

Slabé elektrolyty

6. Vyjádřete rovnici disociaci slabé kyseliny ve vodě a) obecně b) na konkrétních příkladech.
7. Vyjádřete vztah pro disociační konstantu slabé kyseliny K_A .
8. Vyjádřete vztah pro disociační stupeň α slabé kyseliny HA.
9. Vysvětlete rozdíl mezi celkovou koncentrací slabé kyseliny $c(\text{HA})$ a rovnovážnou koncentrací nedisociovaných molekul $[\text{HA}]$.
10. Znázorněte rovnici protonizaci slabé báze ve vodě a) obecně b) na konkrétních příkladech.
11. Vyjádřete vztah pro protonizační konstantu slabé báze K_B .
12. Napište vztah pro disociační konstantu konjugované kyseliny HB^+ .

Silné elektrolyty

13. Charakterizujte pojem aktivita iontů.
14. Uveďte vztah mezi aktivitou a koncentrací iontů.
15. Vysvětlete pojem iontová síla a uveďte vztah pro její výpočet.

Málo rozpustné silné elektrolyty

16. Popište děj, který nastává po přidání málo rozpustné soli (např. BaSO_4) do vody.
17. Znázorněte chemickou rovnicí heterogenní rovnováhu mezi nerozpuštěnou solí a ionty v roztoku.
18. Vysvětlete pojem součin rozpustnosti K_s .
19. Vyjádřete K_s pro následující málo rozpustné soli: AgCl , PbCl_2 , Cu_2S , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
20. Doplňte následující srážecí reakce za použití symbolů:

↓ (sraženina málo rozpustné sloučeniny), *aq* (rozpustná sloučenina).

- a. $\text{CaCl}_2 \text{ aq} + \dots \rightarrow \text{CaSO}_4 \downarrow + 2 \text{NaCl aq}$
- b. $\text{NaCl aq} + \text{AgNO}_3 \text{ aq} \rightarrow$
- c. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ aq} + 6 \text{NaOH aq} \rightarrow$
- d. $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ aq} + \dots \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + \dots$
- e. $\text{KOH aq} + \dots \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \downarrow + \dots$
- f. $(\text{NH}_4)_2\text{S aq} + \text{FeCl}_2 \text{ aq} \rightarrow$

21. V tabulce vyznačte šrafováním vznik nerozpustného produktu při reakci příslušných iontů.

	OH^-	Cl^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	H_2PO_4^-	CO_3^{2-}
Na^+						
Mg^{2+}						
Ca^{2+}						
Al^{3+}						
Fe^{2+}						
NH_4^+						

Osmotický tlak

1. Charakterizujte pojem koligativní vlastnosti roztoku, uveďte příklady.
2. Vysvětlete princip děje označovaného jako osmóza.
3. Jaká je souvislost osmotického tlaku s osmózou?
4. Vysvětlete rozdíl mezi osmózou a reverzní osmózou.
5. Za jakých podmínek můžeme dva roztoky označit za izotonické?

Orientační výpočet osmotického tlaku

$$\Pi = i c R T$$

6. Vysvětlete význam jednotlivých symbolů v uvedeném vztahu.
 i (neelektrolyt) = i (silný elektrolyt) =
 c = R = T =
7. V jakých jednotkách bude osmotický tlak, jestliže c dosadíme v: a) mol/m³ b) mol/l?

Příklad. Vypočítejte přibližný osmotický tlak roztoku NaCl o koncentraci 0,1 mol/l (při 25 °C).

$\Pi = i c R T$, v případě NaCl $i = 2$, protože jedna (formální) molekula NaCl poskytne disociací jeden kation Na⁺ a jeden anion Cl⁻, tedy dvě částice.

Dosazením všech údajů získáme: $\Pi = 2 \cdot 0,1 \cdot 8,314 \cdot 298 = 495,5 \text{ kPa}$

Příklad. Rozhodněte, které z následujících roztoků jsou vzájemně izotonické (při stejné teplotě).

a) KCl 0,3 mol/l b) glucitol 0,4 mol/l c) CaCl₂ 0,2 mol/l d) Na₂SO₄ 0,1 mol/l

U každého roztoku vypočteme osmolární koncentraci a hodnoty srovnáme:

- a) KCl $\Rightarrow i \cdot c = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ mol/l}$
- b) glucitol $\Rightarrow i \cdot c = 1 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ mol/l}$
- c) CaCl₂ $\Rightarrow i \cdot c = 3 \cdot 0,2 = 0,6 \text{ mol/l}$
- d) Na₂SO₄ $\Rightarrow i \cdot c = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ mol/l}$

Z výpočtů je zřejmé, že roztoky a) a c) jsou izotonické.

Osmolalita

8. V jakých jednotkách se vyjadřuje osmolalita?
9. Jak se experimentálně zjišťuje osmolalita?
10. Z jakých údajů lze přibližně odhadnout osmolalitu krevní plazmy?

Osmolární koncentrace

11. V tabulce dopočítejte osmolární koncentrace uvedených roztoků:

Rozpuštěná látka	Látková koncentrace (mmol/l)	Osmolární koncentrace (mmol/l)
Glukosa	2	.....
CaCl ₂	2	.....
FeCl ₃	2	.....
Al ₂ (SO ₄) ₃	2	.....
NaHCO ₃	2	.....
Na ₂ SO ₄	2	.....

Lékařské aplikace osmózy

12. Při edému mozku se aplikuje intravenózní infuze mannitolu, aby se vyvolal přesun vody z tkáně do cévního řečiště. Rozhodněte, zda roztok mannitolu musí být vzhledem k plazmě:

a) hypotonický b) izotonický c) hypertonický.

13. Hořečnaté minerální vody Magnesia a Šaratica mají složení uvedené v tabulce.

Vysvětlete rozdíly v jejich účinku. Jak souvisí iontové složení s osmózou?

Charakteristika	Magnesia	Šaratica
Převažující kation	Mg ²⁺	Mg ²⁺
Převažující anion	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Typ vody	stolní minerální voda	léčivá voda
Chuť	nepatrně nahořklá	hořká
Užívá se jako	zdroj hořčičku	laxativum

(* Určení molekulové hmotnosti

Příklad. Vodný roztok obsahující 0,5 g hemoglobinu ve 100 ml má při 25 °C osmotický tlak 180 Pa. Jaká je přibližná molekulová hmotnost hemoglobinu?

Pro osmotický tlak platí $\Pi = i c R T$, $i = 1$. Látkovou koncentraci c vyjádříme pomocí molové hmotnosti M , osmotický tlak v kPa.

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}. \text{ Dosazením všech údajů: } 0,18 = \frac{0,5 \cdot 8,314 \cdot 298}{M \cdot 0,1}.$$

Z toho dostáváme $M = 68\,821 \text{ g/mol}$, tedy $M_r = 68\,821$.

Příklady – Roztoky elektrolytů

1. Roztok kyseliny dusité (0,1 mol/l) má rovnovážnou koncentraci aniontů 7,1 mmol/l. Vypočtěte disociační stupeň kys. dusité pro tuto koncentraci.
2. Slabá jednosytná kyselina je při koncentraci 1 mmol/l disociovaná z 12 %. Vypočtěte disociační stupeň, je-li tato kyselina v koncentraci 1 mol/l.
3. Vypočtěte koncentraci slabé jednosytné kyseliny ($pK_A = 4,7$), je-li v roztoku její disociační stupeň $\alpha = 0,02$.

- Disociační konstanta octové kyseliny je $1,8 \cdot 10^{-5}$. Vypočítejte disociační stupeň pro koncentraci a) 0,1 mol/l b) 0,01 mol/l.
- Disociační stupeň mravenčí kyseliny v roztoku o koncentraci 0,2 mol/l je 3,2%. Vypočítejte pK_A .
- Vypočítejte iontovou sílu roztoků a) Na_2SO_4 (0,02 mol/l) b) CaCl_2 (1 mol/l) c) NaCl (0,1 mol/l).
- Vypočítejte koncentrace všech čtyř iontů v 400 ml roztoku, který obsahuje 0,1 mol NaCl , 0,1 mol Na_2SO_4 a 0,1 mol K_2SO_4
- Ve vodě byl rozpuštěn 1,5 mmol HCl a 1 mmol NaOH a objem roztoku byl upraven vodou na 525 ml. Vypočítejte výsledné koncentrace Na^+ , H_3O^+ a Cl^- iontů.
- Doplňte tabulku:

Roztok soli	Koncentrace soli (mmol/l)	Koncentrace kationtu (mmol/l)	Koncentrace aniontu (mmol/l)	Iontová síla (mmol/l)
NaCl	10	.....	.....	.....
Na_2SO_4	10	.....	.....	.....
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	10	.....	.....	.....
AlCl_3	10	.....	.....	.....

Příklady – Osmotický tlak

- Vypočítejte osmolární koncentraci roztoků: a) NaCl (0,1 mol/l) b) sacharosa (0,3 mol/l) c) CaCl_2 (0,1 mol/l) d) KNO_3 (2 mmol/l) e) MgSO_4 (0,2 mol/l) f) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (4 mmol/l)
- V 200 g vody bylo rozpuštěno 10 g glukosy a 10 g CaCl_2 . Jaká je přibližná osmolalita roztoku?
- Které z následujících roztoků jsou vzájemně izotonické?
a) NaCl (0,2 mol/l) b) glukosa (0,5 mol/l) c) Na_2SO_4 (0,1 mol/l) d) močovina (0,3 mol/l)
- Vypočítejte přibližný osmotický tlak roztoku glukosy ($M_r = 180$) s koncentrací 200 g/l při 37 °C.
- Vypočítejte přibližnou látkovou koncentraci roztoku a) NaCl , b) glukosy, který by byl izotonický s krevní plazmou za předpokladu, že její osmotický tlak má při 37 °C hodnotu 0,795 MPa.
- Vypočítejte látkovou koncentraci roztoku chloridu hořečnatého izotonického s roztokem NaCl o koncentraci 150 mmol/l.
- (*) Který roztok má vyšší osmotický tlak, 10% NaCl nebo 10% NaI ?
- (*) Vodný roztok obsahující v 1 litru 1 g inzulinu má při 25 °C osmotický tlak 413,1 Pa. Vypočítejte přibližnou M_r inzulinu.
- (*) Průměrný obsah NaCl v mořské vodě je 30 g/l. Jaký tlak je nutno použít při odsolování mořské vody reverzní osmózou (při 15 °C)?
- Tzv. fyziologický roztok je roztok NaCl 154 mmol/l, $M_r(\text{NaCl}) = 58,5$. Vypočítejte jeho:
a) hmotnostní koncentraci b) hmotnostní zlomek c) osmolaritu.

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.
- (*) Vypočítejte 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.
- Které z uvedených aniontů prakticky nemají bazické vlastnosti? Vysvětlete proč.
OH⁻, Cl⁻, H₂PO₄⁻, CO₃²⁻, CH₃-O-SO₂-O⁻, Br⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻.

14. Z uvedených dvojic vyberte silnější bázi (využijte hodnot pK_A na předchozí straně)

- a) HCO_3^- , HPO_4^{2-} b) OH^- , SH^- c) HCOO^- , CH_3COO^- .

Výpočty pH

15. Doplňte chybějící vztahy:

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

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

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

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

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

- a) 64 mmol/l b) 320 nmol/l c) $8 \cdot 10^{-6}$ 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, $c = 20$ mmol/l b) HNO_3 , $c = 50$ $\mu\text{mol/l}$ c) octové kyseliny, $c = 0,04$ 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) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (100 mg/l) c) 0,25% HCl d) 0,05% H_2SO_4

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. 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.
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 pH = pK_A, máte-li k dispozici roztok slabé kyseliny (R-COOH) o známé koncentraci, pevný KOH, odměrné nádoby a váhy?

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

40. Pro určitou úlohu v praktickém cvičení potřebujete upravit pH vzorku vody na hodnotu $\text{pH} = 4$.
Který z následujících pufrů můžete použít:
- borátový ($\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, $\text{p}K_{\text{A}} = 9,24$)
 - acetátový ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$, $\text{p}K_{\text{A}} = 4,76$)
 - fosfátový ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$, $\text{p}K_{\text{A}} = 7,20$)
- 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 $\text{p}K_{\text{A}}$ 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 krvi

Pufrační systém	Zastoupení	Pufrační báze	Pufrační kyselina	$\text{p}K_{\text{A}}$ 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.

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 hydrogenuhlíčitánový 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 pufrы [viz také kapitola 13]

56. Vysvětlete, proč mohou molekuly bílkovin působit jako pufrы (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 katabolismemkyseliny

Výsledky

1 Základní chemické výpočty. Koncentrace roztoků

Množství látky

1. a) 101 b) 58 c) 60 d) 130 2. $m(\text{O}_2) = 5,314 \cdot 10^{-26}$ kg; $M_r(\text{O}_2) = 32$ 3. $1,895 \cdot 10^{23}$ 4. $5,86 \cdot 10^{22}$
5. 180,15 g 6. 48 g; 33,6 litrů 7. 55,55 mol; $3,35 \cdot 10^{25}$ molekul 8. 3,9 mol 9. 0,64 mmol
10. 0,17 mol NaCl; 0,17 mol Na^+ 11. 76 litrů 12. 23,85 g; 0,541 mol; $3,26 \cdot 10^{23}$ molekul 13. 2,15 g
14. a) 17 % b) 29 % c) 45 % 15. 19,8 - 36 g 16. 0,75 mg F^- 17. 2,8 mmol 18. 134,4 litru

Hmotnostní zlomek

1. 12,5 % 2. 5,75 g KI; 224,25 g H_2O 3. 794 g 4. 221 ml 5. 178,8 g 6. 250 g 7. 0,125
8. a) 0,04 % b) 400 ppm 9. 67 ppm 10. 33,8 %
11. a) 4 % 12. a) 3,3 % salicylové kys.; 6,6 % benzoové kys.

	11. b)	11. c)
Argentini nitratis	4,0	4,0
Aquae dest. ad	50,0	100,0

	12. b)	12. c)	12. d)
Ac. salicylici	1,0	4,0	10,0
Ac. benzoici	2,0	4,0	10,0
Vasellini albi ad	30,0	60,0	200,0

Objemový zlomek

13. a) 0,88 b) 0,838 c) 15,28 mol/l 14. 72 ml 15. 74,8 obj.% 16. a) 240,5 g/l b) 721,5 g/l
17. a) 56 g b) 44 g

Látková koncentrace

18. 12 $\mu\text{mol/l}$ 19. 0,75 g 20. 15,5 mmol/l 21. 2 dm^3 22. 5,3 mg 23. 1,54 ml
24. 226,6 g/l; 3,04 mol/l 25. 22 % 26. 12,45 mol/l

Různé výpočty

27. voda 1000 g/l (55,6 mol/l), ethanol 800 g/l (17,36 mol/l), glycerol 1300 g/l (14 mol/l)
28. 20-krát; 19 29. 640 mmol/l 30. 0,24 mol/l 31. 0,8 mol/l 32. 22,8 ml 33. 112 mg 34. 84 mmol/l

2 Roztoky elektrolytů. Osmotický tlak

Roztoky elektrolytů

1. $\alpha = 0,071$; $K_A = 5,04 \cdot 10^{-4}$ 2. $\alpha = 0,004$ 3. 49 mmol/l 4. a) 0,0134 b) 0,0424 5. 3,69
6. a) 0,06 mol/l b) 3 mol/l c) 0,1 mol/l 7. $[\text{Na}^+] = 0,75$ mol/l; $[\text{Cl}^-] = 0,25$ mol/l; $[\text{K}^+] = 0,50$ mol/l;
 $[\text{SO}_4^{2-}] = 0,50$ mol/l 8. $[\text{Na}^+] = 1,9$ mmol/l; $[\text{Cl}^-] = 2,86$ mmol/l; $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,95$ mmol/l

9.	Koncentrace soli (mmol/l)	Koncentrace kationtu (mmol/l)	Koncentrace aniontu (mmol/l)	Iontová síla (mmol/l)
NaCl	10	10	10	10
Na_2SO_4	10	20	10	30
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	10	10	20	30
AlCl_3	10	10	30	60

Osmotický tlak

1. a) 0,2 mol/l b) 0,3 mol/l c) 0,3 mol/l d) 4 mmol/l e) 0,4 mol/l f) 12 mmol/l

2. 1,63 mol/kg vody 3. c) a d) 4. 2,86 MPa 5. a) 154 mmol/l b) 308 mmol/l 6. 100 mmol/l
7. roztok NaCl 8. 5 997,5 g/mol 9. $\geq 2,46$ MPa 10. a) 9 g/l b) 0,009 = 0,9% c) 308 mmol/l

3 Acidobazické reakce

8. $K_A(\text{H}_2\text{O}) = 10^{-14} / 55,55 = 1,8 \cdot 10^{-16} \Rightarrow \text{p}K_A(\text{H}_2\text{O}) = 15,75$

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

Amfiprotní anionty

31. NaHS 9,6; NaHCO_3 8,3; KH_2PO_4 4,7; Na_2HPO_4 9,8

Pufry

41. 5,24 42. 7,20 43. $[\text{CH}_3\text{COOH}] : [\text{CH}_3\text{COONa}] = 1:9$ 44. 7,68 45. 4,3 46. 1:25 47. 2,95

Pufrační systémy v organismu

59. 5,5 kPa 60. $[\text{HCO}_3^-] : [\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2] = 20:1$
61. a) $[\text{HPO}_4^{2-}] : [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 4:1$ b) $[\text{HPO}_4^{2-}] : [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 1:100$