

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

Zředování roztoků

$$w_1 m_1 = w_2 m_2$$

$$c_1 V_1 = c_2 V_2$$

Číslo zředění

$$D = V_{\text{konečný}} / V_{\text{původní}}$$

Směšování roztoků

$$w_1 m_1 + w_2 m_2 = (m_1 + m_2) w_3$$

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.

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

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. Vypočtete 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

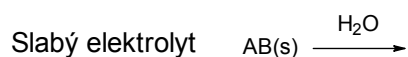
18. Odpovídá výsledek analýzy bilirubinu v krevním séru 0,7 mg/100 ml ($M = 584,7$ g/mol) fyziologickému rozmezí 5-20 $\mu\text{mol/l}$?
19. Vypočítejte hmotnost NaOH obsaženého v 150 ml roztoku o koncentraci 0,125 mol/l.
20. Vypočítejte látkovou koncentraci kreatininu ($M_r = 113$) v moči obsahující 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. Zobecněte, které typy sloučenin se nejčastěji řadí mezi:
 a) silné elektrolyty b) slabé elektrolyty c) neelektrolyty.

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: $\Pi = 2 \cdot 0,1 \cdot 8,314 \cdot 298 = 495,5$ 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 $\Rightarrow i \cdot c = 2 \cdot 0,3 = 0,6$ mol/l
- b) glucitol $\Rightarrow i \cdot c = 1 \cdot 0,4 = 0,4$ mol/l
- c) CaCl₂ $\Rightarrow i \cdot c = 3 \cdot 0,2 = 0,6$ mol/l
- d) Na₂SO₄ $\Rightarrow i \cdot c = 3 \cdot 0,1 = 0,3$ 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 $M_r = 68\,821$.

Výsledky příkladů

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)
Argentii 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
Vaselini 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