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)

$$n = N/\mathrm{N_A} = m/M = V/V_\mathrm{M}$$

$$A_\mathrm{r}(\mathrm{X}) = m(\mathrm{X})/m_\mathrm{u}$$

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.

$M_\mathrm{r}(\mathrm{H_2O}) = A_\mathrm{r}(\mathrm{H}) + A_\mathrm{r}(\mathrm{H}) + A_\mathrm{r}(\mathrm{O}) = 1 + 1 + 16 = 18.$

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

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

Příklad. Kolik procent kyslíku obsahuje voda?

Jeden mol $\mathrm{H_2O}$ má hmotnost 18 g a obsahuje 1 mol atomového kyslíku o hmotnosti 16 g. Z přímé úměry vyplývá:

18 g $\mathrm{H_2O}$ ..... obsahuje 16 g O

100 g $\mathrm{H_2O}$ ..... obsahuje x

x = (100 . 16)/18 = 88,9 $\Rightarrow$ Voda obsahuje 88,9 % 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]	$w_B =$ …… ‰
Parts per million[b]	$w_B =$ …… 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	.....	$g/cm^3 = g/ml = kg/l$
Hustota látky B	m_B/V_B	……...

Základní vztahy

Zřeďování roztoků

$w_1m_1 = w_2m_2$

$c_1V_1 = c_2V_2$

Číslo zředění

$D = V_{konečný} / V_{původní}$

Směšování roztoků

$w_1m_1 + w_2m_2 = (m_1 + m_2)w_3$

Příklad. Jak připravíte 250 g 5% roztoku KCl ve vodě?
Zadané údaje dosadíme do vztahu pro hmotnostní zlomek:
$w = 0{,}05 = m(KCl)/250$
z toho $m(KCl) = 12{,}5$ g. Hmotnost vody získáme odečtením od hmotnosti roztoku:
250 - 12,5 = 237,5 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 ? $M = 36{,}46$ 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.

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

Počet molů HCl v uvažovaném litru je:

$n(HCl) = m/M = 430{,}7/36{,}46 = 11{,}81$ 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 cm^3 ryzího kovu o hustotě 10,5 g/cm^3 ?
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 vitaminu 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. Vypočtěte hmotnostní procenta NaOH v roztoku připraveném z 15 g NaOH a 105 g vody.
2. Vypočtěte 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. Vypočtěte hmotnost kys. sírové obsažené ve 200 ml 60% H_2SO_4 o hustotě 1,49 g/ml.
6. Vypočtěte hmotnost látky, z níž po rozpuštění v 1 litru vody vznikne 20% roztok.
7. Vypočtěte 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).

Rp.
Argenti nitratis 2,0
Aquae destillatae ad 50,0
M. f. sol.

   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 dermatomykosy chodidel má složení:

Rp.
Acidi salicylici 2,0
Acidi benzoici 4,0
Vaselini albi ad 60,0
M. f. ung.

   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. Vypočtěte 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 μmol/l ?
19. Vypočtěte hmotnost NaOH obsaženého v 150 ml roztoku o koncentraci 0,125 mol/l.
20. Vypočtěte 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. Doplňte 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

$$\Pi = \mathrm{i}\, c\, R\, T$$

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/m^3 b) mol/l?

Příklad. Vypočtěte přibližný osmotický tlak roztoku NaCl o koncentraci 0,1 mol/l (při 25 °C).
Π = 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: Π = 2 . 0,1 . 8,314 . 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) $CaCl_2$ 0,2 mol/l d) Na_2SO_4 0,1 mol/l
U každého roztoku vypočteme osmolární koncentraci a hodnoty srovnáme:
a) KCl $\Rightarrow$ i.c = 2 . 0,3 = 0,6 mol/l
b) glucitol $\Rightarrow$ i.c = 1 . 0,4 = 0,4 mol/l
c) $CaCl_2$ $\Rightarrow$ i.c = 3 . 0,2 = 0,6 mol/l
d) Na_2SO_4 $\Rightarrow$ i.c = 3 . 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_2SO_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 hořčíku	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.

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

Z toho dostáváme $M = 68\,821$ 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.** $m(O_2) = 5{,}314 \cdot 10^{-26}$ kg; $M_r(O_2) = 32$ **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 %

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

12. a) 3,3 % salicylové kys.; 6,6 % benzoové kys.

	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 μmol/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