



Sbírka řešených příkladů

Kolektiv autorů: Josef Trögl, Jakub Ederer,
Marek Došek, Karel Ederer, Ľuboš Vrtoch,
Slavomír Adamec, Sylvie Kříženecká

1	Úvod	5
2	Fyzika	7
3	Chemie	17
3.1	Základní výpočty	18
3.2	Výpočty ředění	23
3.3	Přepočet molární koncentrace na hmotnostní	24
3.4	Rovnice přímky	24
4	Mikrobiologie	27
4.1	Kultivační stanovení – výpočty	28
4.2	Mikroskopická stanovení – výpočty	30
4.3	Výpočty z růstových křivek	31
5	Ekotoxikologie	35
5.1	Vyhodnocení bakteriálního růstového testu toxicity – výpočet hodnoty IC50	36
6	Biochemie	39
6.1	Buněčná energetika	40
6.2	Krevní skupiny	41
6.3	Genetika	41
7	Analytická chemie	43
7.1	Modelové výpočty k procvičení	46
7.2	Výpočet hmotnosti stanovované látky	47
7.3	Výpočet hmotnostní koncentrace vzorku	48
7.4	Výpočet navážky ke stanovení přesné koncentrace (titru)	49
7.5	Příprava roztoku o zadané koncentraci	50
7.6	Určení přesné koncentrace odměrného roztoku — titru	52
7.7	Výpočty při použití kalibrační křivky	52
7.8	Výpočty pro jednotlivé laboratorní práce	54
8	Prostor pro poznámky a výpočty	58





1

Úvod

Předložená skripta jsou určena zejména studentům oborů Fakulty životního prostředí Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem jako pomůcka pro zvládnutí výpočtů u vybraných technických a přírodovědných předmětů. Skripta cílí zejména na slabší studenty s menšími matematickými dovednostmi, řešené příklady proto detailněji řeší i matematické pozadí problému. Ke sbírce je i soubor prezentací, výpočtů v MS Excel a dalších podpůrných materiálů, které lze stáhnout on-line na stránkách KTEV FŽP UJEP (www.fzp.ujep.cz).

V Ústí nad Labem listopad 2016

Kolektiv autorů: Josef Trögl, Jakub Ederer,
Marek Došek, Karel Ederer, Luboš Vrtoch,
Slavomír Adamec, Sylvie Kříženecká





2

Fyzika

1. Úprava algebraických výrazů

Při řešení příkladů potřebujeme ze známých vzorců osamostatnit určitou veličinu. To provádíme tak, že použijeme základní matematické operace (násobení, dělení, odmocnění, atd.) tak, aby požadovaná veličina z daného vzorce zůstala sama na jedné straně rovnice. Za neprofesionální se považuje postup, při kterém se do známého vzorce nejdříve dosadí číselné hodnoty a teprve potom se provádí úprava.

Příklady postupu:

1.1 Ze vztahu pro dráhu rovnoměrného pohybu $s = v \cdot t$ odvoďte vztah pro rychlost a čas.

Pro rychlost :

$$s = v \cdot t / \cdot \frac{1}{t}$$

$$\frac{s}{t} = v$$

Pro čas :

$$s = v \cdot t / \cdot \frac{1}{v}$$

$$\frac{s}{v} = t$$

1.2 Ze vztahu pro dráhu rovnoměrně zrychleného pohybu $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ odvoďte vztah pro zrychlení a čas.

Pro zrychlení :

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 / \cdot \frac{2}{t^2}$$

$$\frac{2s}{t^2} = a$$

Pro čas :

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 / \cdot \frac{2}{a}$$

$$\frac{2s}{a} = t^2 / \sqrt{x_y^2} \eta$$

$$\sqrt{\frac{2s}{a}} = t$$

1.3 Ze Stokesova vztahu pro odpor prostředí F_o při laminárním obtékání koule o poloměru r odvoďte vztah pro dynamickou viskozitu η .

$$F_o = 6 \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v / \cdot \frac{1}{6 \pi \cdot r \cdot v}$$

$$\frac{F_o}{6 \pi \cdot r \cdot v} = \eta$$

- 1.4 Ze Stefanova – Boltzmannova zákona pro záření absolutně černého tělesa M_e odvoďte vztah pro teplotu.

$$M_e = \sigma \cdot T^4 \cdot \frac{1}{\sigma}$$

$$\frac{M_e}{\sigma} = T^4 \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{\sigma}}$$

$$\sqrt[4]{\frac{M_e}{\sigma}} = T$$

- 1.5 Z Newtonova vztahu pro odpor prostředí F_o při turbulentním obtékání tělesa odvoďte vztah pro rychlost.

$$F_o = \frac{1}{2} C.S.\rho.v^2 \cdot \frac{2}{C.S.\rho}$$

$$\frac{2F_o}{C.S.\rho} = v^2 \cdot \sqrt{\frac{2}{C.S.\rho}}$$

$$\sqrt{\frac{2F_o}{C.S.\rho}} = v$$

- 1.6 Z Bernoulliovy rovnice odvoďte vztah pro změnu tlaku mezi dvěma různými průřezy potrubí.

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho.v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho.v_2^2 \quad / -p_1 - \frac{1}{2}\rho.v_2^2$$

$$\frac{1}{2}\rho.v_1^2 - \frac{1}{2}\rho.v_2^2 = p_2 - p_1$$

$$\frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) = \Delta p$$

- 1.7 Ze vztahu pro dráhu rovnoměrně zrychleného pohybu osamostatněte v_1 , a .

Pro v_1 :

$$s = v_1 \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2 \quad / - \frac{1}{2}a \cdot t^2$$

$$s - \frac{1}{2}a \cdot t^2 = v_1 \cdot t \quad / \cdot \frac{1}{t}$$

$$\frac{s}{t} - \frac{1}{2}a \cdot t = v_1$$

Pro a :

$$s = v_1 \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2 \quad / - v_1 \cdot t$$

$$s - v_1 \cdot t = \frac{1}{2}a \cdot t^2 \quad / \cdot \frac{2}{t^2}$$

$$\frac{2}{t^2} \cdot s - \frac{2}{t^2} \cdot v_1 \cdot t = \frac{1}{2}a \cdot t^2 \cdot \frac{2}{t^2}$$

$$\frac{2}{t} \left(\frac{s}{t} - v_1 \right) = a$$

2. Převody jednotek

Mezinárodní soustava jednotek obsahuje 7 základních jednotek.

m – délka

kg – hmotnost

s – čas

K – termodynamická teplota

A – elektrický proud

cd – svítivost

mol – látkové množství

Univerzálnost těchto jednotek způsobuje, že v některých oblastech jsou pro praktické použití příliš velké a v jiných příliš malé. Proto byly zavedeny předpony, které upravují velikost jednotek tak, aby se s číselnými hodnotami dobře pracovalo.

mili — **m** — 10^{-3}

kilo — **k** — 10^3

mikro — **μ** — 10^{-6}

mega — **M** — 10^6

nano — **n** — 10^{-9}

giga — **G** — 10^9

piko — **p** — 10^{-12}

tera — **T** — 10^{12}

Tyto základní předpony upravují příslušnou jednotku vždy o 3 řády. Malá písmena jednotku zmenšují, velká zvětšují. Výjimku tvoří malé **k**, které jednotku zvětšuje. Kromě toho jsou z historických důvodů používány další předpony, které vybočují z pravidla tří řádů.

deka — **da** — 10^1

deci — **d** — 10^{-1}

hekto — **h** — 10^2

centi — **c** — 10^{-2}

Uvedené předpony se však používají jen ve spojení s určitými jednotkami. Předpona **h** se používá ve spojení s jednotkou tlaku pascal [**Pa**] pro měření atmosférického tlaku, neboť 1 hPa je číselně shodný s dříve používanou jednotkou milibar [**mbar**].

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ hPa} = 1 \text{ mbar}$$

Dále se předpona **h** používá ve spojení s jednotkou ar [**a**] o měření velikosti pozemků jako hektar [**ha**] a s jednotkou pro měření objemu litr [**l**].

$$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ ha} = 100 \text{ ar} = 100 \cdot 100 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ hl} = 100 \text{ l} = 0,1 \text{ m}^3$$

Nesystémově je základní jednotka hmotnosti **kg** použita ve spojení se zvětšující předponou **k** (ještě k tomu malé k). Zvětšující a zmenšující předpony jsou však

vztahovány ke gramu. Tak se stává, že se někdo domnívá, že základní jednotkou hmotnosti je gram [g], což je omyl. Při kombinaci s ostatními základními jednotkami je nutno vždy používat kilogram [kg]. Při převodu jednotek s předponami nastává několik možností.

2.1 Převod jednotky s předponou na jednotku bez předpony

Toto je nejjednodušší případ. Postupujeme tak, že předponu nahradíme její číselnou hodnotou.

$$\text{k — m : km} = 10^3 \text{ m} = 1\,000 \text{ m}$$

$$\text{nm — m : nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{mmol — mol : mmol} = 10^{-3} \text{ mmol}$$

$$\mu\text{m — m : } \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{pF — F : pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

$$\text{MW — W : MW} = 10^6 \text{ W}$$

$$\text{kg — g : kg} = 10^3 \text{ g}$$

$$\text{GJ — J : GJ} = 10^9 \text{ J}$$

$$\text{TW — W : TW} = 10^{12} \text{ W}$$

Řada veličin a to velmi používaných nemá vlastní jednotku se zvláštním názvem. Např. pro plošný obsah a pro objem se používají mocniny základní jednotky délky
Plošný obsah : m^2 , objem : m^3

Při převádění jednotek s exponentem je třeba si uvědomit, že exponent se vztahuje i na předponu

$$\text{km}^2 — \text{m}^2 : \text{km}^2 = (\text{k})^2 \text{m}^2 = (10^3)^2 \text{m}^2 = 10^6 \text{m}^2$$

$$\text{cm}^2 — \text{m}^2 : \text{cm}^2 = (\text{c})^2 \text{m}^2 = (10^{-2})^2 \text{m}^2$$

$$\text{mm}^2 — \text{m}^2 : \text{mm}^2 = (\text{m})^2 \text{m}^2 = (10^{-3})^2 \text{m}^2 = 10^{-6} \text{m}^2$$

$$\text{cm}^3 — \text{m}^3 : \text{cm}^3 = (\text{c})^3 \text{m}^3 = (10^{-2})^3 \text{m}^3 = 10^{-6} \text{m}^3$$

$$\text{km}^3 — \text{m}^3 : \text{km}^3 = (\text{k})^3 \text{m}^3 = (10^3)^3 \text{m}^3 = 10^9 \text{m}^3$$

2.2 Převod jednotek bez předpony na jednotku s předponou

Postupujeme tak, že jednotku s předponou dělíme číselnou hodnotou předpony.

$$\text{g — kg : g} = \frac{\text{kg}}{\text{k}} = \frac{\text{kg}}{10^3} = 10^{-3} \text{kg}$$

$$\text{W — MW : W} = \frac{\text{MW}}{\text{M}} = \frac{\text{MW}}{10^6} = 10^{-6} \text{ MW}$$

$$\text{m — nm : m} = \frac{\text{nm}}{\text{n}} = \frac{\text{nm}}{10^{-9}} = 10^9 \text{ nm}$$

$$\text{m — } \mu\text{m : m} = \frac{\mu\text{m}}{\mu} = \frac{\mu\text{m}}{10^{-6}} = 10^6 \mu\text{m}$$

U jednotek s exponentem si opět musíme uvědomit, že exponent se vztahuje i na předponu.

$$\begin{aligned}
 \text{m}^2 - \text{km}^2 : \text{m}^2 &= \frac{\text{km}^2}{\text{k}^2} = \frac{\text{km}^2}{(10^3)^2} = \frac{\text{km}^2}{10^6} = 10^{-6} \text{ km}^2 \\
 \text{m}^2 - \text{cm}^2 : \text{m}^2 &= \frac{\text{cm}^2}{\text{c}^2} = \frac{\text{cm}^2}{(10^{-2})^2} = \frac{\text{cm}^2}{10^{-4}} = 10^4 \text{ cm}^2 \\
 \text{m}^2 - \text{mm}^2 : \text{m}^2 &= \frac{\text{mm}^2}{\text{m}^2} = \frac{\text{mm}^2}{(10^{-3})^2} = \frac{\text{mm}^2}{10^{-6}} = 10^6 \text{ mm}^2 \\
 \text{m}^3 - \text{cm}^3 : \text{m}^3 &= \frac{\text{cm}^3}{\text{c}^3} = \frac{\text{cm}^3}{(10^{-2})^3} = \frac{\text{cm}^3}{10^{-6}} = 10^6 \text{ cm}^3 \\
 \text{m}^3 - \text{km}^3 : \text{m}^3 &= \frac{\text{km}^3}{\text{k}^3} = \frac{\text{km}^3}{(10^3)^3} = \frac{\text{km}^3}{10^9} = 10^{-9} \text{ km}^3
 \end{aligned}$$

2.3 Převedení jednotky s předponou na jednotku s jinou předponou

Nejprve převedeme jednotku s předponou na jednotku bez předpony (postupem podle 2.1) a pak tuto jednotku bez předpony na jednotku s novou předponou (postupem podle 2.2).

$$\text{mg} - \text{kg} : \text{mg} - \text{g} - \text{kg}$$

$$\text{mg} - \text{g} : \text{mg} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$\text{g} - \text{kg} : 10^{-3} \text{ g} = 10^{-3} \frac{\text{kg}}{10^3} = 10^{-6} \text{ kg}$$

$$\text{mg} = 10^{-6} \text{ kg}$$

$$\text{hPa} - \text{Pa} : \text{hPa} - \text{Pa} - \text{kPa}$$

$$\text{hPa} = 10^2 \text{ Pa} = 10^2 \frac{\text{kPa}}{10^3} = 10^2 \cdot 10^{-3} \text{ kPa} = 10^{-1} \text{ kPa} = 0,1 \text{ kPa}$$

$$\text{MW} - \text{kW} : \text{MW} - \text{W} - \text{kW}$$

$$\text{MW} = 10^6 \text{ W} = 10^6 \frac{\text{kW}}{10^3} = 10^6 \cdot 10^{-3} \text{ kW} = 10^3 \text{ kW} = 1\,000 \text{ kW}$$

$$\text{ng} - \mu\text{g} : \text{ng} - \text{g} - \mu\text{g}$$

$$\text{ng} = 10^{-9} \text{ g} = 10^{-9} \frac{\mu\text{g}}{10^{-6}} = 10^{-9} \cdot 10^6 \mu\text{g} = 10^{-3} \mu\text{g}$$

$$\mu\text{S} - \text{mS} : \mu\text{S} - \text{S} - \text{mS}$$

$$\mu\text{S} = 10^{-6} \text{ S} = 10^{-6} \frac{\text{mS}}{10^{-3}} = 10^{-6} \cdot 10^3 \text{ mS} = 10^{-3} \text{ mS}$$

$$\mu\text{m} - \text{nm} : \mu\text{m} - \text{m} - \text{nm}$$

$$\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-6} \frac{\text{nm}}{10^{-9}} = 10^{-6} \cdot 10^9 \text{ nm} = 10^3 \text{ nm}$$

$$\text{cl} - \text{ml} : \text{cl} - \text{l} - \text{ml}$$

$$\text{cl} = 10^{-2} \text{ l} = 10^{-2} \frac{\text{ml}}{10^{-3}} = 10^{-2} \cdot 10^3 \text{ ml} = 10 \text{ ml}$$

3. Stanovení jednotky fyzikální veličiny

Nevíme-li jednotku nějaké fyzikální veličiny, nebo konstanty, můžeme si jí odvodit ze známého vztahu, ve kterém se tato veličina vyskytuje dosazením známých jednotek.

Příklady postupu:

3.1 Odvoďte jednotku elektrické rezistivity

Použijeme vztah pro odpor vodiče, ve kterém se rezistivita vyskytuje

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

R [Ω] – odpor vodiče

l [m] – délka vodiče

S [m^2] – plocha průřezu vodiče

ρ [?] – rezistivita

Nejprve osamostatníme ρ základního vztahu

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad / \cdot \frac{S}{l}$$

$$\frac{RS}{l} = \rho$$

Do této rovnice dosadíme známé jednotky a upravíme

$$\rho = \frac{RS}{l} = \left[\frac{\Omega \cdot m^2}{m} = \Omega \cdot m \right]$$

Jednotkou rezistivity je $\Omega \cdot m$ (ohm metr).

Ohm [Ω] sice není základní jednotka, ale je to jednotka v praxi velmi používaná a její další rozklad až na jednotky základní se proto v tomto případě neprovádí.

3.2 Vyjádřete newton [N] v základních jednotkách

Použijeme některého známého jednoduchého vztahu, ve kterém se jednotka **N** vyskytuje nejlépe 2. Newtonův pohybový zákon $F = m \cdot a$

F [N] – síla

m [kg] – hmotnost

a [m/s^2] – zrychlení

Do vybraného vztahu dosadíme za jednotlivé fyzikální veličiny jejich jednotky.

Zde je třeba poznamenat, že jednotky ve tvaru zlomku je možno vyjadřovat třemi způsoby, které jsou všechny správné. Ukážeme to na příkladu pro jednotku zrychlení a :

$$m/s^2 = m \cdot s^{-2} = \frac{m}{s^2}$$

První způsob se používá v běžném tisku a ve vědecko-populární literatuře. Druhý způsob se zásadně používá ve vědeckých publikacích. Při práci s rovnicemi a při úpravách algebraických výrazů je zřejmě nejvýhodnější způsob třetí. Pokračujme v řešení. $F = m \cdot a$

$$[N] = \left[[N] = \frac{kg \cdot m}{s^2} = kg \cdot m \cdot s^{-2} \right]$$

3.3 V mezinárodní soustavě SI je jednotkou tlaku pascal [Pa]. Vyjádřete Pa v základních jednotkách.

Vyjdeme z definičního vztahu pro tlak $p = \frac{F}{S}$

p [Pa] – tlak

F [N] – síla

S [m²] – plocha

Do definičního vztahu dosadíme příslušné jednotky

$$p = \frac{F}{S}$$

$$[\text{Pa}] = \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

Za newton dosadíme z příkladu 3.2.

$$[\text{N}] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$[\text{Pa}] = \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \right]$$

4. Postup při řešení příkladů

1. Pečlivě přečteme zadání.

Při nepozorném čtení snadno přehlédneme některou ze zadaných hodnot a úloha se pak zdá být neřešitelná.

2. Napíšeme tabulku zadaných hodnot.

Pro označení jednotlivých veličin používáme obvyklých symbolů (v pro rychlost, m pro hmotnost a pod.) U každé veličiny napíšeme její číselnou hodnotu a jednotku tak, jak bylo uvedeno v zadání. Slovně připišeme význam veličiny.

3. Všechny jednotky převedeme na jednotky základní.

Tím zajistíme, že i výsledek bude v jednotkách základních. Není to vždy nutné, ale vždy musí být pro danou veličinu použity jednotky stejné. Vyskytuje-li se v použitých vzorcích fyzikální konstanta, která má svojí jednotku, musí ostatní použité jednotky tomu odpovídat. Např. rychlost bývá často uváděná v [km/ha] čas v [h]. Jedná-li se o pohyb rovnoměrný, není třeba jednotky převádět na [m] a [s]. Dráha pak vyjde v [km]. Jedná-li se však o pohyb rovnoměrně zrychlený, kde zrychlení se uvádí v [m/s²], je nutné převést rychlost na [m/s] a čas na [s].

4. Vlastní řešení.

Pohledem na tabulku veličin sestavenou podle bodu 2 zjistíme, jaké veličiny máme vypočítat. U jednoduchých příkladů nás jistě napadne nějaký známý vzorec. Vzorce však nesmíme používat mechanicky bez uvážení. Často se stává, že student použije správný vzorec, ale pro případ, kde neplatí. Nejčastěji vzniká chyba při výpočtu rychlosti. Pro rychlost známe vzorec $v = s/t$ a $v = a \cdot t$. První vzorec platí pro pohyb rovnoměrný a druhý pro pohyb rovnoměrně zrychlený. Obtížnější situace nastává, je-li třeba sestavit rovnici, nebo více rovnic. Sestavování rovnic není však nic jiného

než přepis slovního zadání tak, že místo slov používáme fyzikálních a matematických symbolů v kombinaci se známými vzorci. Je dobré vědět, že pro řešení je nutné sestavit stejný počet rovnic jako je počet neznámých. Mnohdy je dobré nakreslit si obrázek nebo graf, což pomáhá pochopení nebo usnadnění řešení.

5. Matematické řešení.

Do zvoleného vzorce nebo rovnice dosadíme číselné hodnoty (předem převedené podle bodu 3) a provedeme výpočet. Není-li hledaná veličina v použitém vzorci vyjádřena samostatně na levé straně rovnice, provedeme nejdříve úpravu rovnice v obecném tvaru a teprve pak dosazujeme číselné hodnoty. Výsledek zaokrouhlíme tak, aby byl o jedno desetinné místo přesnější, než je nejméně přesná hodnota zadaných veličin. Opsání všech desetinných míst z kalkulačky přesnost výpočtu nijak nezvyšuje.

6. Formulace výsledku.

Získané výsledky formulujeme slovně a současně kontrolujeme, zda to je skutečně odpověď na dané otázky. Pokud je to možné, posoudíme selským rozumem, zda získaný výsledek je reálný. Tím se může odhalit případná chyba ve výpočtu.

4.1 Vzorový příklad

Rotor laboratorní odstředivky se šesti kyvetami, z nichž každá má hmotnost i s náplní 50 g se otáčí frekvencí 10 000 otáček za minutu. Těžiště kyvet se pohybuje po kružnici o poloměru 95 mm. Vypočítejte úhlovou a obvodovou rychlost těžiště, normálové zrychlení a odstředivou sílu, která působí v těžišti kyvety. Vypočítejte, kolikrát je normálové zrychlení větší, než zrychlení tíhové (RCF – relative centrifugal force).

Zápis zadaných a hledaných hodnot a jejich převod na základní jednotky:

$$f = 10\,000 \text{ ot/min} = 10\,000/60 = 166,7 \text{ s}^{-1} \text{ – frekvence rotoru}$$

$$r = 95 \text{ mm} = 95 \cdot 10^{-3} \text{ m} \text{ – poloměr dráhy těžiště kyvety}$$

$$m = 50 \text{ g} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \text{ – hmotnost naplněné kyvety}$$

$$\omega = ? \text{ [rad/s]} \text{ – úhlová rychlost}$$

$$v = ? \text{ [m/s]} \text{ – obvodová rychlost}$$

$$a_n = ? \text{ [m/s}^2\text{]} \text{ – normálové zrychlení}$$

$$F_o = ? \text{ [N]} \text{ – odstředivá síla}$$

$$\text{RCF} = \frac{a_n}{g_n} \text{ [—]} = ? \text{ – poměr normálového a tíhového zrychlení}$$

$$g_n = 9,8066 \text{ m/s}^2 \text{ – normální tíhové zrychlení}$$

Výpočet:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \pi \cdot 166,7 = 1\,047,4 \text{ rad/s}$$

$$v = r \cdot \omega = 95 \cdot 10^{-3} \cdot 1\,047 = 99,5 \text{ m/s}$$

$$a_n = r \cdot \omega^2 = 95 \cdot 10^{-3} \cdot 1\,047^2 = 104\,219,4 \text{ m/s}^2$$

$$F_o = m \cdot a_n = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 104\,219,4 = 5\,211 \text{ N}$$

$$\text{RCF} = \frac{a_n}{g_n} = \frac{104\,219,4}{9,80665} = 10\,627,4$$

4.2 Jak se změní odpor vodiče, když při zachování jeho délky zmenšíme průměr na polovinu?

l [m] – délka vodiče

ρ [$\Omega \cdot m$] – rezistivita vodiče

d_1 [m] – původní průměr vodiče

$d_2 = \frac{1}{2} d_1$ – zmenšený průměr vodiče

R_1 [Ω] – odpor vodiče o průměru d_1

R_2 [Ω] – odpor vodiče o průměru d_2

S_1 [m^2] – plocha průřezu vodiče o průměru d_1

S_2 [m^2] – plocha průřezu vodiče o průměru d_2

$$R_1 = \rho \cdot \frac{l}{S_1} \quad R_2 = \rho \cdot \frac{l}{S_2}$$

Jelikož nebyly zadány žádné číselné hodnoty, nemůžeme získat číselný výsledek, můžeme však stanovit relativní změnu danou poměrem $R_2 : R_1$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho \cdot \frac{l}{S_2}}{\rho \cdot \frac{l}{S_1}} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}}{\frac{\pi \cdot d_2^2}{4}} = \frac{d_1^2}{d_2^2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = \left(\frac{d_1}{\frac{1}{2} \cdot d_1}\right)^2 = \left(\frac{2}{1}\right)^2 = 4$$

$$R_2 = 4R_1$$

Odpověď: Zmenší-li se průměr vodiče na polovinu, zvětší se jeho odpor čtyřikrát.

3

Chemie



3.1 Základní výpočty

Mezi důležitou část chemie patří výpočty, bez kterých bychom nemohli vypočítat základní hodnoty veličin v ní používaných. Mezi základy, které by každý chemik měl znát, patří: výpočet navážky pro přípravu roztoků, molární a hmotnostní koncentrace, látkového množství, hmotnostního zlomku, hustoty a pH. Pro výpočet výše uvedených veličin se využívá pár základních vztahů a jejich kombinace.

- Látkové množství

$$n_X = \frac{m_X}{M_X} \quad \left[\frac{\text{g}}{\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \text{mol} \right]$$

kde n_X je látkové množství látky X v molech [mol], m_X hmotnost látky X v gramech [g] a M_X její molární hmotnost v gramech na mol [g · mol⁻¹]

- Molární koncentrace

$$c_X = \frac{n_X}{V_X} \quad \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}^{-1}} = \frac{\text{mol}}{\text{dm}^{-3}} = \text{M} \right]$$

kde c_X je molární koncentrace látky X v molech na liter [mol · l⁻¹ = mol · dm⁻³], n_X látkové množství látky X v molech [mol] a V_X objem roztoku látky X v litrech [l = dm³]

Pozn. Pro jednotku molární koncentrace se velmi často používá označení M [mol · l⁻¹ = M]

- Hmotnostní koncentrace

$$c_X = \frac{m_X}{V_X} \quad \left[\frac{\text{g}}{\text{l}^{-1}} = \frac{\text{g}}{\text{dm}^{-3}} \right]$$

kde c_X je hmotnostní koncentrace látky X v gramech na liter [g · l⁻¹ = g · dm⁻³], m_X hmotnost látky X v gramech [g] a V_X objem roztoku látky X v litrech [l = dm³]

- Hmotnostní zlomek, hmotnostní procento

$$w_X = \frac{m_X}{m} = \frac{m_X}{m_X + m_Y} \quad \left[\frac{\text{g}}{\text{g}} = 1 \right]$$

$$w_X[\%] = w_X \cdot 100$$

kde w_X je hmotnostní zlomek látky X v dané směsi [bezrozměrná veličina], m_X hmotnost látky X v gramech [g] a m hmotnost směsi v gramech [g] ($m = m_X + m_Y$).

- Hustota

$$\rho_X = \frac{m_X}{V_X} \quad \left[\frac{\text{g}}{\text{dm}^{-3}} = \frac{\text{g}}{\text{l}^{-1}} \right]$$

kde ρ_X je hustota látky X v gramech na liter [g · l⁻¹ = g · dm⁻³], m_X hmotnost látky X v gramech [g] a V_X objem litrech [l = dm³]

• pH, pOH

pH silných kyselin je definováno jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů (c_{H^+})

$$\text{pH} = -\log_{10} c_{\text{H}^+}$$

pOH silných zásad je definováno jako záporný dekadický logaritmus koncentrace hydroxidových aniontů (c_{OH^-})

$$\text{pOH} = -\log_{10} c_{\text{OH}^-}$$

Pro vzájemný přepočítání pH a pOH, platí tento vztah

$$\text{pOH} + \text{pH} = 14$$

1) Jaké látkové množství obsahuje 1,25 kg dusičnanu stříbrného?

$$M(\text{AgNO}_3) = 169,83 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Zde se má vypočítat látkové množství dusičnanu stříbrného, tedy n_{AgNO_3}

Ze zadání známe hmotnost m_{AgNO_3} a molární hmotnost M_{AgNO_3}

Látkové množství se vypočte dle tohoto vzorce:

$$n_{\text{AgNO}_3} = \frac{m_{\text{AgNO}_3}}{M_{\text{AgNO}_3}}$$

Do vzorce dosadíme známé hodnoty, pozor hmotnost dusičnanu stříbrného musí být dosažena v gramech.

$$n_{\text{AgNO}_3} = \frac{m_{\text{AgNO}_3}}{M_{\text{AgNO}_3}} = \frac{1250}{169,83} = 7,36 \text{ mol}$$

2) Vypočítejte molární koncentraci roztoku NaOH, jestliže 500 ml tohoto roztoku obsahuje 136,52 g NaOH. $M(\text{NaOH}) = 40,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Zde se má vypočítat molární koncentrace hydroxidu sodného, tedy c_{NaOH} . Známe-li objem roztoku V_{NaOH} a molární hmotnost M_{NaOH} . Nejprve vypočteme látkové množství hydroxidu sodného v roztoku,

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{136,52}{40,00} = 3,413 \text{ mol}$$

které následně dosadíme do vzorce pro výpočet molární koncentrace, pozor objem roztoku musí být dosazen v litrech.

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{NaOH}}} = \frac{3,413}{0,5} = 6,82 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

3) Kolik gramů $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ je nutno navážít pro přípravu 0,5 l 0,2 mol · l⁻¹ roztoku chloridu manganatého? $M(\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = 197,905 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Zde se má vypočítat navážka chloridu manganatého, tedy $m_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}$. Známe-li molární koncentraci a objem roztoku ($c_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}$ a $V_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}$), který chceme připravit, a také molární hmotnost chloridu manganatého $M_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}$. Nejprve vypočteme látkové množství chloridu manganatého, které je v roztoku přítomno.

Prostor
pro vaše
poznámky

$$c_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow n_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} = c_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}$$

$$n_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} = c_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1 \text{ mol}$$

Vypočtené látkové množství chloridu manganatého dosadíme do upraveného vzorce pro výpočet látkového množství.

$$n_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow m_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} = 0,1 \cdot 197,905 = 19,7905 \text{ g}$$

- 4) Kolik ml 64 % kyseliny dusičné ($\rho = 1,3866 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) je potřeba pro přípravu 1000 ml jejího 2 mol $\cdot \text{l}^{-1}$ roztoku? $M(\text{HNO}_3) = 63,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Zde se má vypočítat kolik ml 64 % kyseliny dusičné pro přípravu 1 litru 2 M roztoku, tedy V_{HNO_3} . Známe-li molární koncentraci a objem roztoku (c_{HNO_3} a V_{HNO_3}), ale současně i hustotu (ρ_{HNO_3}) jejího 64 % roztoku použitého pro přípravu 1 litru 2 M roztoku. Nejprve vypočteme látkové množství kyseliny dusičné, které je v roztoku přítomno.

$$c_{\text{HNO}_3} = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{HNO}_3}} \Rightarrow n_{\text{HNO}_3} = c_{\text{HNO}_3} \cdot V_{\text{HNO}_3}$$

$$n_{\text{HNO}_3} = c_{\text{HNO}_3} \cdot V_{\text{HNO}_3} = 2 \cdot 1 = 2 \text{ mol}$$

Vypočtené látkové množství kyseliny dusičné dosadíme do upraveného vzorce pro výpočet látkového množství.

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{m_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}} \Rightarrow m_{\text{HNO}_3} = n_{\text{HNO}_3} \cdot M_{\text{HNO}_3}$$

$$m_{\text{HNO}_3} = n_{\text{HNO}_3} \cdot M_{\text{HNO}_3} = 2 \cdot 63,01 = 126,02 \text{ g}$$

Ale pozor vypočetli jsme navážku odpovídající 100 % kyselině dusičné, ale k dispozici máme 64 % kyselinu dusičnou.

126,02 g100%

x g64%

$$x = \frac{126,02 \cdot 100}{64} = 196,91 \text{ g}$$

Je celkem zřejmé, že 64 % kyseliny dusičné budeme potřebovat více než 100 %.

Vypočtenou navážku 64 % kyseliny dusičné dosadíme do upraveného vzorce pro výpočet hustoty, ze kterého se vypočte objem kyseliny potřebné pro přípravu 1 litru 2 M roztoku.

$$\rho_{\text{HNO}_3} = \frac{m_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{HNO}_3}} \Rightarrow V_{\text{HNO}_3} = \frac{m_{\text{HNO}_3}}{\rho_{\text{HNO}_3}}$$

$$V_{\text{HNO}_3} = \frac{m_{\text{HNO}_3}}{\rho_{\text{HNO}_3}} = \frac{196,91}{1,3866} = 142,01 \text{ ml}$$

Pro přípravu roztoku budeme potřebovat 142,01 ml 64 % kyseliny dusičné, které doplníme v 1 litrové odměrné baňce pro rysku.

5) Nasycený roztok NH_4Cl obsahuje při 20 °C 37,2 g NH_4Cl a 100 g vody.

Vypočítejte hmotnostní zlomek a jaké procento chloridu amonného roztok obsahuje.

Pro výpočet hmotnostního zlomku platí tento vztah

$$w_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{m_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{m_{\text{NH}_4\text{Cl}} + m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{37,2}{37,2 + 100} = 0,2711$$

Pro výpočet hmotnostního procenta poté

$$w_{\text{NH}_4\text{Cl}}[\%] = w_{\text{NH}_4\text{Cl}} \cdot 100 = 0,2711 \cdot 100 = 27,11\%$$

Hmotnostní zlomek chloridu amonného v roztoku je 0,2711, roztok obsahuje 27,11 % NH_4Cl .

6) Vypočítejte navážku KHCO_3 potřebnou ke stanovení titru H_2SO_4 o přibližné koncentraci $0,05 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Uvažujte, že spotřeba roztoku kyseliny má být 20 ml a kyselina zreaguje do druhého stupně, tj. za vzniku K_2SO_4 , $M(\text{KHCO}_3) = 100,115 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Hydrogenuhlíčan draselný reaguje s kyselinou sírovou podle této rovnice



Zde máme vypočítat navážku KHCO_3 , tak aby spotřeba kyseliny sírové ($c = 0,05 \text{ M}$) byla 20 ml. Z rovnice je patrné, že na 1 mol kyseliny sírové potřebujeme 2 mol KHCO_3 , tedy

$$\frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{KHCO}_3}} = \frac{1}{2} \quad \text{tedy} \quad n_{\text{KHCO}_3} = 2 \cdot n_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

Nejprve vypočteme látkové množství kyseliny sírové ($n_{\text{H}_2\text{SO}_4}$), jelikož známe její koncentraci a objem ($c_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ a $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$), pozor objem nesmíme zapomenout dosadit v litrech.

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,05 \cdot 0,02 = 0,001 \text{ mol}$$

Poté vypočteme látkové množství KHCO_3 potřebného na neutralizaci kyseliny (rovnice 1)

$$n_{\text{KHCO}_3} = 2 \cdot n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 \cdot 0,001 = 0,002 \text{ mol}$$

Posléze vypočteme hmotnost KHCO_3 z upravené rovnice pro výpočet látkového množství.

$$n_{\text{KHCO}_3} = \frac{m_{\text{KHCO}_3}}{M_{\text{KHCO}_3}} \Rightarrow m_{\text{KHCO}_3} = n_{\text{KHCO}_3} \cdot M_{\text{KHCO}_3}$$

$$m_{\text{KHCO}_3} = n_{\text{KHCO}_3} \cdot M_{\text{KHCO}_3} = 0,002 \cdot 100,115 = 0,2002 \text{ g}$$

Potřebná navážka pro stanovení titru $0,05 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ je $0,2002 \text{ g KHCO}_3$.

7) Sulfid železnatý byl připraven přímou reakcí železa se sírou. Vypočítejte, kolik gramů železa a síry je třeba navážít na přípravu 80 g sulfidu železnatého.

$$A(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \quad A(\text{S}) = 32,06 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Syntéza sulfidu železnatého probíhá podle této rovnice



Zde máme vypočítat navážky Fe a S potřebné pro přípravu 80 g FeS.

Nejprve vypočteme látkové množství (n_{FeS}), které máme k dispozici. Molární hmotnost sulfidu železnatého je dána součtem atomové hmotnosti železa a síry

$$M_{\text{FeS}} = A_{\text{Fe}} + A_{\text{S}} = 32,06 + 55,85 = 87,91 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{FeS}} = \frac{m_{\text{FeS}}}{M_{\text{FeS}}} = \frac{80}{87,91} = 0,9100 \text{ mol}$$

Z rovnice syntézy víme, že na 1 mol FeS potřebujeme 1 mol Fe a 1 mol S, pak tedy platí.

$$n_{\text{FeS}} = n_{\text{S}} \text{ a } n_{\text{FeS}} = n_{\text{Fe}}$$

Pro výpočet hmotnosti Fe a S použijeme upravený vztah pro látkové množství

$$n_{\text{FeS}} = n_{\text{Fe}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{A_{\text{Fe}}} \quad \text{—} \quad m_{\text{Fe}} = A_{\text{Fe}} \cdot n_{\text{Fe}}$$

$$m_{\text{Fe}} = A_{\text{Fe}} \cdot n_{\text{Fe}} = 55,85 \cdot 0,9100 = 29,17 \text{ gS}$$

$$n_{\text{FeS}} = n_{\text{S}} = \frac{m_{\text{S}}}{A_{\text{S}}} \quad \text{—} \quad m_{\text{S}} = A_{\text{S}} \cdot n_{\text{S}}$$

$$m_{\text{S}} = A_{\text{S}} \cdot n_{\text{S}} = 32,06 \cdot 0,9100 = 29,17 \text{ gS}$$

Pro přípravu 80 g FeS je zapotřebí navážít 50,82 g Fe a 29,17 g S.

8) Vypočítejte pH 0,001 M roztoku kyseliny chlorovodíkové.

Pro výpočet pH kyseliny chlorovodíkové se použije definiční vztah pro výpočet pH, tedy

$$\text{pH} = -\log_{10} c_{\text{H}^+} = -\log_{10} 0,001 = 3$$

9) Vypočítejte pH 0,01 M roztoku hydroxidu sodného.

Pro výpočet pH hydroxidu sodného se nejprve použije definiční vztah pro výpočet pOH, tedy

$$\text{pOH} = \log_{10} c_{\text{OH}^-} = -\log_{10} 0,01 = 2$$

Následně dosadíme do upraveného vztahu pro přepočítání mezi pH a pOH.

$$\text{pOH} + \text{pH} = 14$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2 = 12$$

10) Vypočítejte koncentraci kyseliny, jejíž roztok má pH = 2.

V tomto případě máme vypočítat koncentraci kyseliny, když známe hodnotu pH roztoku. Zde opět využijeme definiční vztah pro výpočet pH, ale nejprve bude nutné ho upravit.

$$\text{pH} = -\log_{10} c_{\text{H}^+}$$

V tomto případě je nutné znát definici logaritmu, která říká: „logaritmus čísla x při základu a je takové číslo y, pro které platí“

$$\log_a x = y \quad \text{.....} \quad a^y = x$$

Tedy po úpravě definičního vztahu pro pH dostaneme

$$\text{pH} = -\log_{10} c_{\text{H}^+}$$

$$10^{-\text{pH}} = c_{\text{H}^+}$$

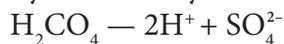
$$c_{\text{H}^+} = 10^{-2} = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

11) Vypočítejte pH 0,005 M kyseliny sírové.

Pro výpočet pH kyseliny chlorovodíkové se použije definiční vztah pro výpočet pH, tedy

$$\text{pH} = -\log_{10} c_{\text{H}^+}$$

V tomto případě nesmíme zapomenout na to, že kyselina sírová je silná dvojsytná kyselina a tedy disocijuje do dvou stupňů.



Tedy koncentrace vodíkových iontů bude dvojnásobná, pak tedy pH roztoku po dosazení do vztahu

$$\text{pH} = -\log_{10} c_{\text{H}^+}$$

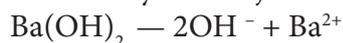
$$\text{pH} = -\log_{10}(2 \cdot 0,005) = 2$$

10) Vypočítejte pH 0,005 M hydroxidu barnatého?

Pro výpočet pH hydroxidu barnatého se použije definiční vztah pro výpočet pOH, tedy

$$\text{pOH} = -\log_{10} c_{\text{OH}^-}$$

V tomto případě nesmíme zapomenout na to, že hydroxid barnatý je silná dvojsytná báze a tedy disocijuje do dvou stupňů.



Tedy koncentrace hydroxidových aniontů bude dvojnásobná, pak tedy pOH roztoku po dosazení do vztahu

$$\text{pOH} = -\log_{10} c_{\text{OH}^-}$$

$$\text{pOH} = -\log_{10}(2 \cdot 0,005) = 2$$

Následně dosadíme do upraveného vztahu pro přepočítání mezi pH a pOH.

$$\text{pOH} + \text{pH} = 14$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2 = 12$$

3.2 Výpočty ředění

Zásobní roztok – 0,5 g.L⁻¹ 500 mg.L⁻¹

Pracovní roztok – 100 mg.L⁻¹

Odměrná baňka – 50 mL pozor na jednotky:

Vzorec

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$$

c_1 – koncentrace zásobního roztoku (0,5 g.L⁻¹)

V_1 – objem roztoku, který budeme pipetovat do odměrné baňky (neznámá)

c_2 – koncentrace pracovního roztoku, který chceme získat

V_2 – objem pracovního roztoku, který chceme získat

Prostor
pro vaše
poznámky

Neznámá: V_1

$$v_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1}$$

Po dosazení:

$$v_1 = \frac{0,1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,05 \text{ L}}{0,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}$$

$$v_1 = 0,01 \text{ L}$$

Do odměrné baňky nepipetujeme 10 mL zásobního roztoku a doplníme na objem 50 mL, čímž získáme požadovanou koncentraci roztoku $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

3.3 Přepočet molární koncentrace na hmotnostní

Pokud máme zadanou koncentraci v jednotkách $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, občas je potřeba koncentraci přepočítat například na $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. Postup je následující:

$$c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

jaká je koncentrace v $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$?

Potřebujeme znát molární hmotnosti dané látky. Například u NaOH je to $60,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 60,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 60,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$0,1 \cdot 60,01 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

S jednotkami počítáme jako s normálním zlomkem, čili-že moly se nám vykrátí a zbyde $\frac{\text{g}}{\text{L}}$ nebo-li $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. (Pozn.: Máme-li jednotku $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, jde o to samé, jako když napíšeme g/L , pouze tento zápis je již zastaralý a nepovažuje se za správný.)

Př.: Přepočítejte

$$0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl na } \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH na } \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

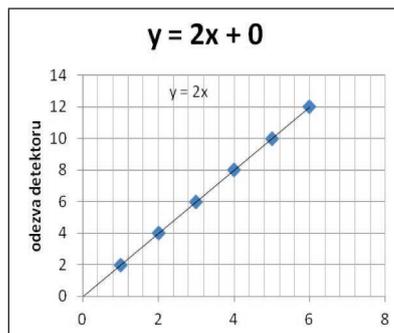
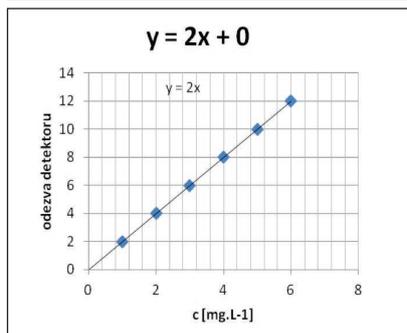
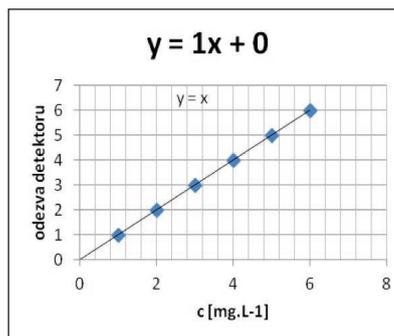
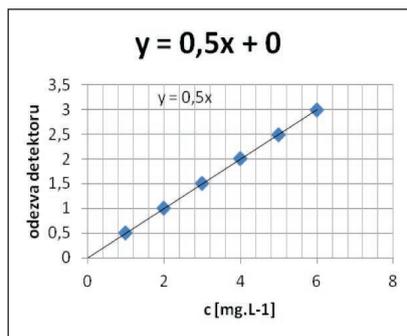
$$50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CuSO}_4 \text{ na } \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3.4 Rovnice přímky

$$y = ax + b$$

a = tzv. směrnice, určuje, jak prudce přímka narůstá

b = určuje, v jakém místě přímka protíná osu y



Zde ve všech případech $y = 0$, čili-že přímka protíná osu y v bodě nula. To je zřejmé i z grafů 1-3.

$$y = ax + b$$

Y = odezva detektoru

X – koncentrace vzorku

b – odezva blanku

Obvykle nás zajímá x, které je v případě neznámého vzorku neznámé. U kalibračního standardu x známe, a proto můžeme po změření odezvy detektoru (y) proti koncentraci (x) sestavit graf kalibrační přímky. Pokud přistoupíme k zjištění neznámého x, musíme rovnici upravit tak, abychom na jedné straně měli právě pouze x, čehož docílíme ekvivalentními úpravami rovnice. Získáme:

$$y = ax + b \quad / -b$$

$$y - b = ax \quad / :a$$

$$\frac{(y - b)}{a} = x$$

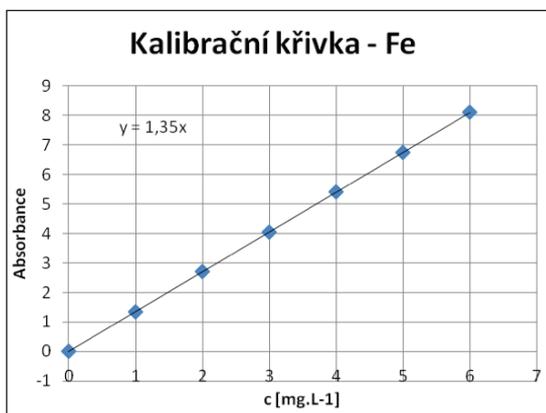
Př. Měření koncentrace Fe^{3+} iontů

Pomocí UV-VIS spektrofotometru byla naměřena kalibrační závislost pro barevný komplex Fe iontů s 1,10-fenantrolinem. Následně byly změřeny absorbance u neznámých vzorků.

Prostor
pro vaše
poznámky

Tabulka 1: Kalibrační závislost pro Fe ionty

x	y;
c [mg.L-1]	Absorbance
0	0
1	1,35
2	2,7
3	4,05
4	5,4
5	6,75
6	8,1



vzorek	absorbance
A	2,47
B	3,05
C	7,56

Postup stanovení koncentrace vzorků

Máme směrnici přímky $y = 1,35x$. Y v tomto případě značí absorbanci, kterou známe, x značí koncentraci, kterou chceme zjistit. Musíme tedy rovnici upravit tak, abychom dostali na jedné straně x a na druhé vše ostatní.

$$y = 1,35x \quad /:1,35$$

$$x = \frac{y}{1,35}$$

Nyní vždy dosadíme za y naměřenou hodnotu absorbance a získáme kýženou koncentraci.

vzorek	absorbance	c [mg.l-1]
A	2,47	1,83
B	3,05	2,26
C	7,56	5,60

A detailed diorama of a forest stream. The scene features a waterfall cascading over moss-covered rocks into a pool of water. A log with three pinecones floats in the stream. The background is filled with more logs, moss, and small plants, creating a lush, naturalistic environment.

4

Mikrobiologie

Tato kapitola je zaměřená na vybraná vyhodnocování výsledků praktických stanovení a výpočty. Na modelových příkladech jsou uvedena vyhodnocení výsledků z kultivačních stanovení (přepočty na KTJ/ml), z mikroskopických analýz (přepočty dat z počítačích komůrky), vyhodnocení testů toxicity apod.

4.1 Kultivační stanovení — výpočty

Při všech kultivačních stanoveních se výsledky udávají jako KTJ (kolonie tvořící jednotku/y), v angličtině se používá ekvivalentně CFU (*Colony Forming Unit/s*) na jednotku výchozího materiálu, např. na objem vzorku (1 ml v případě povrchové vody, na 100 ml v případě pitné vody, na 250 ml v případě balené vody, apod.), na hmotnost vzorku (např. u vzorku půdy na gramy), na plochu povrchu (na cm² v případě stěrů z plochy apod.). Při těchto jednoduchých přepočtech se zpravidla vystačí s trojčlenkou, jen je třeba do matematické podoby převést manipulace se vzorkem a správně započítat objemy, ředění apod.

Příklad 1. Výpočet koncentrace kultivovatelných mikroorganismů ve vzorku vody.

Zadání: Ve vzorku vody z jezírka byly kultivačně stanoveny počty mikroorganismů. Voda byla zředěna desítkovým ředěním sterilním fyziologickým roztokem v řadě: 10×, 100×, 1 000×. Na misky s PCA agarem byl roztírán objem 0,1 ml, nasazen byl neředěný vzorek a následně zředěné vzorky.

Po kultivaci narostly následující počty kolonií:

Neředěný vzorek	Ředění 10× (tj. 10 ⁻¹)	Ředění 100× (tj. 10 ⁻²)	Ředění 1 000× (tj. 10 ⁻³)
Nárůst: nepočítatelné	Nárůst: 695 KTJ	Nárůst: 95 KTJ	Nárůst: 8 KTJ

Vypočítejte koncentraci kultivovatelných mikroorganismů ve vzorku.

Řešení: K výpočtu je vhodný jen výsledek z ředění 100× (95 kolonií). 695 kolonií u ředění 10× je více než horní limit (500 kolonií), výsledek by mohl být zkreslený vzájemným antagonismem jednotlivých kolonií. Naopak 8 kolonií u ředění 1000× je příliš nízká hodnota (dolní limit pro výpočet je 30 kolonií), výsledek by byl příliš nepřesný. Budeme tedy počítat jen s hodnotou 95 kolonií (dále už jen KTJ).

Nejprve si vypočítáme koncentraci mikroorganismů v 1 ml zředěné suspenze (přímá úměrnost):

0,1 ml95 KTJ
1 mlX

$$X = 1/0,1 \times 95 = 10 \times 95 = 950 \text{ KTJ/ml}$$

Dále je třeba násobit faktorem zředění.

$$X = 100 \times 950 = 95\,000 \text{ KTJ/ml}$$

Závěr: Ve vzorku vody z rybníka bylo zjištěno 95 000 KTJ/ml kultivovatelných mikroorganismů.

Prostor
pro vaše
poznámky

Příklad 2. Výpočet koncentrace kultivovatelných mikroorganismů ve vzorku vody.

Zadání: Ve vzorku vody z bazénu byly kultivačně stanoveny počty mikroorganismů. Voda byla zředěna desítkovým ředěním sterilním fyziologickým roztokem v řadě: 10x, 100x, 1000x. Na misky s PCA médiem byl roztírán objem 0,2 ml.

Po kultivaci narostly následující počty kolonií:

Ředění 10× (tj. 10 ⁻¹)	Ředění 100× (tj. 10 ⁻²)	Ředění 1 000× (tj. 10 ⁻³)
Nárůst: 348 KTJ	Nárůst: 39 KTJ	Nárůst: 4 KTJ

Vypočítejte koncentraci kultivovatelných mikroorganismů ve vzorku.

Řešení: K výpočtu jsou vhodné jen výsledky z ředění 10× a 100×. Pouze 4 narostlé kolonie u ředění 1 000× je příliš nízká hodnota (dolní limit pro výpočet je 30 kolonií), výsledek by byl příliš nepřesný.

Nejprve si vypočítáme koncentraci mikroorganismů v 1 ml zředěné suspenze 10× (přímá úměrnost):

0,2 ml.....348 KTJ
1 ml.....X

$$X = 1/0,2 \times 348 = 5 \times 348 = 1\,740 \text{ KTJ/ml}$$

Dále je třeba násobit faktorem zředění.

$$X = 10 \times 1\,740 = 17\,400 \text{ KTJ/ml}$$

Stejným způsobem spočítáme koncentraci mikroorganismů v 1 ml zředěné suspenze 100× (přímá úměrnost):

0,2 ml 39 KTJ
1 ml X

$$X = 1 / 0,2 \times 39 = 5 \times 39 = 195 \text{ KTJ/ml.}$$

Dále je třeba násobit faktorem zředění.

$$X = 100 \times 195 = 19\,500 \text{ KTJ/ml.}$$

Na závěr z obou výsledků vypočítáme průměr (18 450) a směrodatnou odchylku (1 485).

Závěr: Ve vzorku vody z rybníka bylo zjištěno 95 000 ± 1485 KTJ/ml kultivovatelných mikroorganismů.

4.2 Mikroskopická stanovení — výpočty

V těchto případech se obvykle pracuje s počítací komůrkou. Je třeba si vždy zaznamenat jaké rozměry daná komůrka má (hloubka, plocha čtverce). Pokud se pracuje se zahuštěným nebo naopak ředěným roztokem, je třeba zahrnout do výpočtu i příslušné ředění. Pokud jsou počty mikroorganismů v jednotlivých čtvercích dostatečně vysoké, je možné výsledky i statisticky zhodnotit (průměr \pm směrodatná odchylka).

Příklad 3. Výpočet koncentrace řas pomocí počítací komůrky typu Cyrus I

Zadání: Koncentrace řas ve vodě byla stanovena přímým počítáním s využitím počítací komůrky typu Cyrus I (hloubka 0,1 mm, plocha čtverce 1/16 mm²).

Ve 20 čtvercích bylo celkem napočítáno 580 řas. Vypočítejte koncentraci řas v 1 ml vody.

Řešení: Při práci s počítací komůrkou pozorujeme vždy přesně definovaný (malý) objem, ve kterém je zjištěna přesná koncentrace mikroorganismů. Vlastní výpočet tedy sestává z převodu jednotek a jednoduché trojčlenky.

Nejprve vypočítáme pozorovaný objem podle vztahu: $V = 1/16 \times 20 \times 0,1 = 0,125 \text{ mm}^3$.
Výsledek se dle zadání má vyjádřit v 1 ml; $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$.

Sestavíme trojčlenku:

0,125 mm ³	580 řas
1 000 mm ³	X

$$X = 1\,000 / 0,125 \times 580 = 8\,000 \times 580 = 4\,640\,000 \text{ řas/ml}$$

Závěr: Ve vzorku vody bylo zjištěno 4 640 000 řas/ml.

Příklad 4. Výpočet koncentrace řas pomocí počítací komůrky typu Cyrus I

Zadání: Abundance (výskyt) krásnooček rodu *Euglena* ve vodě z nádrže byla zjišťována přímým počítáním pomocí počítací komůrky. 10 ml vzorku bylo nejprve zahuštěno centrifugací, po slítí supernatantu zůstal ve zkumavce objem 0,2 ml, ve kterém byly sedimentované mikroorganismy resuspendovány. S využitím počítací komůrky typu Cyrus I (hloubka 0,1 mm, plocha čtverce 1/16 mm²) bylo v 10 řadách (10 x 40 = 400 čtverců) napočítáno celkem 152 krásnooček. Vypočítejte počet krásnooček v 1 ml vody.

Řešení:

Nejprve vypočítáme pozorovaný objem: $V = 1/16 \times 400 \times 0,1 = 2,5 \text{ mm}^3$.
Výsledek se dle zadání má vyjádřit v 1 ml; $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$.

Sestavíme trojčlenku:

2,5 mm ³	152 krásnooček
1 000 mm ³	X

$$X = 1\,000 / 2,5 \times 152 = 8000 \times 152 = 60\,800 \text{ krásnooček/ml}$$

Nakonec započítáme zahuštění vzorku na centrifuze (pozorujeme koncentrovanou suspenzi, tj. výsledek je třeba faktorem zahuštění vydělit).

$$\text{Faktor zahuštění} = 10/0,2 = 50$$

$$X = 60\,800/50 = 1\,216 \text{ řas/ml}$$

Poznámka: Pro rutinní výpočty je vhodné využít už odvozenou rovnici pro komůrku Cyrus I a odstředění objemu 10 ml.

$$f = (K/n) \times v \times 10$$

$$f = (1\,600/400) \times 0,2 \times 10 = 8$$

Tímto faktorem se vynásobí napočítaný počet mikroorganismů a získá se koncentrace v 1 ml

$$X = 8 \times 152 = 1\,216 \text{ řas/ml}$$

Závěr: V nádrži bylo zjištěno 1 216 krásnooček rodu *Euglena* v 1 ml vody.

Prostor
pro vaše
poznámky

4.3 Výpočty z růstových křivek

Příklad 8. Výpočet generační doby a specifické růstové rychlosti z růstové křivky

Zadání: Bakterie *Pseudomonas fluorescens* byla kultivována na LB médiu při 25 °C a byla naměřena následující růstová křivka:

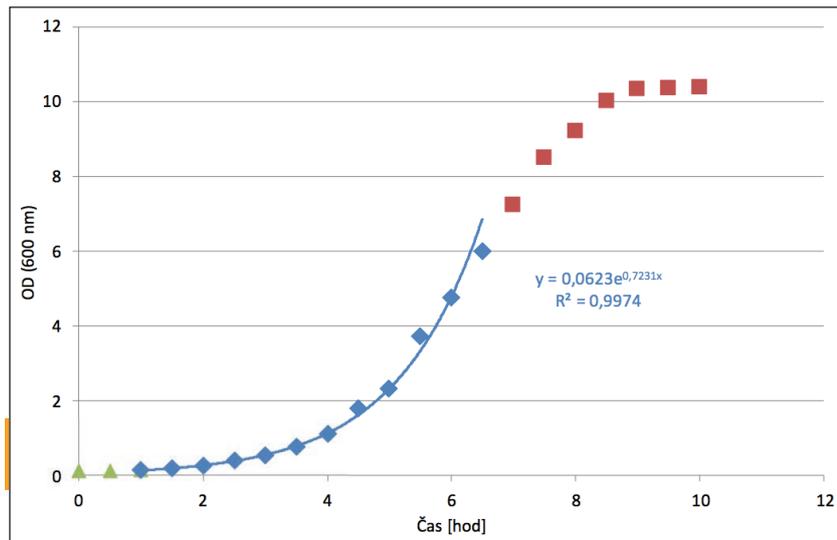
Čas [hod]	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
OD (600nm)	0,12	0,11	0,13	0,18	0,25	0,39	0,54	0,76	1,11	1,8	2,32
Čas [hod]	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	
OD (600nm)	3,72	4,75	5,99	7,23	8,49	9,21	10,01	10,34	10,36	10,38	

vypocítejte specifickou růstovou rychlost a generační dobu bakterie.

Řešení:

Nejprve je třeba si vytvořit graf a z grafického zobrazení vymezit jednotlivé fáze růstové křivky. V našem případě je lag-fáze označena zeleně, exponenciální fáze modře a fáze zpomalujícího se růstu dohromady se stacionární fází červeně. Hlavním důvodem je to, že generační doba i specifická růstová rychlost jsou definované jen v exponenciální fázi a při výpočtu je nutné počítat jen s daty exponenciální fáze.

Prostor
pro vaše
poznámky



Vlastní výpočet lze poté realizovat několika způsoby:

Varianta 1: V exponenciální fázi dochází po uplynutí generační doby (g) ke zdvojnásobení mikrobiální populace (N). Po uplynutí času t dojde celkem t/g -krát ke zdvojnásobení buněčné populace ve srovnání s počáteční populací (N_0). Aktuální buněčná koncentrace se tak vypočítá jako $N = N_0 2^{\frac{t}{g}}$. Z této rovnice lze vyjádřit generační dobu jako $g = \frac{t}{\log_2 \frac{N}{N_0}}$ dosazením hodnot začátku a konce

exponenciální fáze. Za hodnoty $t = 6,5$ hod, $N = 5,99$ a $N_0 = 0,13$ sází snadněji naměřitelné přímo úměrné hodnoty optické density OD. V našem případě tedy $t_0 = 1$ hod, $N_0 = 0,13$, $t = 6,5$ hod, $N = 5,99$.

$$g = \frac{6,5 - 1}{\log_2 \frac{5,99}{0,13}} = 0,995 \text{ hod}$$

rychlost se pak vypočítá jako $\mu = \frac{\ln 2}{g} = \frac{0,693}{0,995} = 0,696 \text{ hod}^{-1}$.

Varianta 2: Definiční vztah pro specifickou růstovou rychlost (přírůstek jednotkového množství mikrobiální populace) $\frac{dN}{dt} = \mu N$ lze v intervalu

exponenciální fáze integrovat $\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_{t_0}^t \mu dt$ a obdržet výsledný vztah

$\ln N - \ln N_0 = \mu(t - t_0)$. Z něj lze vyjádřit specifickou růstovou rychlost jako

$\mu = \frac{\ln N - \ln N_0}{(t - t_0)}$. Dosazením hodnot začátku a konce exponenciální fáze vyjde

$$\mu = \frac{\ln 5,99 - \ln 0,13}{6,5 - 1} = \frac{\ln 2}{0,995} = 0,696 \text{ hod}^{-1}$$

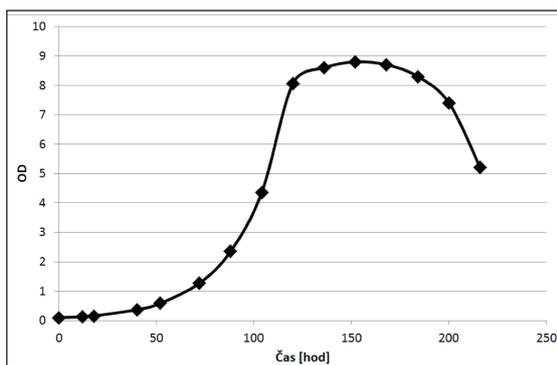
Z hodnoty specifické růstové rychlosti pak lze vypočítat generační dobu $g = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{0,696} = 0,995 \text{ hod}$.

Varianta 3: Předchozí varianty jsou nejjednodušší, ale za cenu toho, že počítají pouze s hodnotami začátku a konce exponenciální fáze a mezilehlé hodnoty ignorují. Správnější je proto použít regresní analýzu (např. v MS Excel – funkce grafu „Vložit spojnicí trendu“) a proložit naměřené hodnoty exponenciální fáze exponenciální funkcí (viz graf) $N = N_0 e^{\mu t}$. Hodnota specifické růstové rychlosti ($0,7231 \text{ hod}^{-1}$) zde figuruje přímo jako regresní parametr (opíše se tedy z rovnice v grafu), generační dobu lze vypočítat opět jako $g = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,6931}{0,7231} = 0,959 \text{ hod}$. Hodnoty se jen mírně liší od předchozích.

Závěr: Generační doba bakterie *Pseudomonas fluorescens* byla 0,959 hod, specifická růstová rychlost 0,7231 hod⁻¹.

Příklad 9

Zadání: V následujícím grafu vidíte růstovou křivku *Pseudomonas fluorescens* na živném médiu. Vypočítejte generační dobu a specifickou růstovou rychlost. Může být tato kultura udržena v kontinuální kultuře ve 100-litrovém fermentoru při nátoku 5 litrů/hod a proč?



Řešení: Generační dobu lze spočítat pouze v exponenciální fázi, v zadaném případě je to od času cca 50 h (OD ≈ 0,5) do času cca 120 h (OD ≈ 8,0). Specifickou růstovou rychlost vypočítáme po dosažení do vztahu

$$\mu = \frac{\ln OD - \ln OD_0}{(t - t_0)}$$

$$\mu = \frac{\ln 8,0 - \ln 0,5}{(120 - 50)} = 0,6931 \text{ hod}^{-1}$$

Generační dobu vypočítáme jako $g = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,6931}{0,6931} = 1,0 \text{ hod}$

Při kontinuální kultivaci musí být zředovací rychlost D rovna specifické růstové rychlosti μ . Zředovací rychlost se vypočítá $D = \frac{F}{V}$, kde F nátok a V je objem reaktoru, tedy $D = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ hod}^{-1}$

Závěr: Zředovací rychlost je větší než specifická růstová rychlost a kultura tedy nemůže být při tomto nátoku kultivována, protože by vyplavování (ředění) kultury bylo rychlejší než obnova nárůstem.



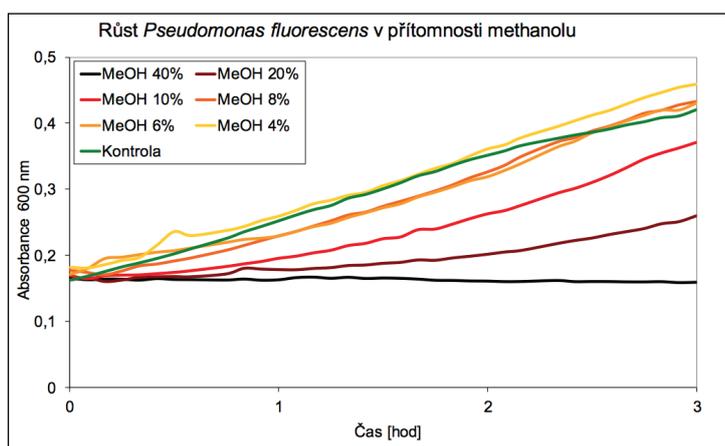
A close-up photograph of a terrarium. The soil is dark brown and rich, with several small plants growing from it. There are several small evergreen seedlings with green needles and thin brown stems. A prominent plant in the center has a bright yellow-green flower or bud. The background is dark and out of focus.

5

Ekotoxikologie

5.1 Vyhodnocení bakteriálního růstového testu toxicity — výpočet hodnoty IC50

Zadání: Byl zjišťován vliv inhibice methanolu na růst bakterie *Pseudomonas fluorescens*. Byly získány následující růstové křivky. Vypočítejte hodnotu IC50.



Řešení: Nejprve je nutné vypočítat pro každou růstovou křivku specifickou růstovou rychlost např. postupy popsány v kapitole 4.3. a následně inhibici $I = 1 - (S_t / S_k)$. Růst není v daném případě ideálně exponenciální, nicméně za exponenciální fázi lze považovat celý naměřený interval 0-3 hodiny. Závislost inhibice na koncentraci toxikantu je vhodné zpracovat graficky. Ke každé inhibici se následně nalezne podle tabulky probitová hodnota a vypočítá logaritmus koncentrace (viz Tabulka 8). Z těchto hodnot se pak vytvoří druhý graf závislosti probitů na logaritmu koncentrací a proloží se lineární funkcí (např. v Excelu funkce „Přidat spojnicí trendu“). Z regresní rovnice $y = 4,9555x + 9,2234$ se vypočítá hodnota pro $y = 5$ (probitu 5 odpovídá inhibice 50%):

$$5 = 4,9555x + 9,2234$$

$$x = (5 - 9,2234) / 4,9555$$

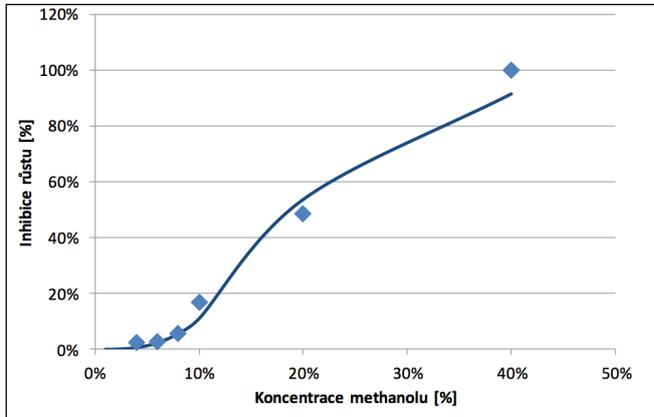
$$x = -0,852$$

Vypočítaná hodnota x představuje logaritmus IC50, tj. výsledná hodnota IC50 se vypočítá jako $IC50 = 10^{0,852} = 14\%$

Tabulka 10 Naměřené inhibice a probitové hodnoty vzorového výpočtu

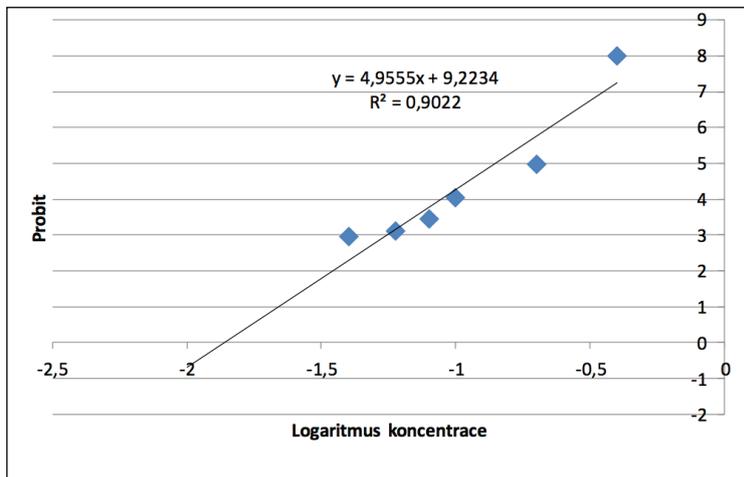
c(%)	μ (h ⁻¹)	I (%)		Probit	Log c	
40%	-0,0135	100%	92%	8%	8	-0,39794
20%	0,156351	49%	54%	-5%	4,975	-0,69897
10%	0,261467	17%	11%	6%	4,046	-1
8%	0,297891	6%	6%	0%	3,445	-1,09691
6%	0,308128	3%	2%	0%	3,119	-1,22185
4%	0,309192	2%	1%	2%	2,946	-1,39794
0%	0,317216	0%	Sum.čtv.	2%		

Obr. 21 Závislost inhibice na koncentraci u vzorového výpočtu hodnoty IC50 inhibice růstu *Pseudomonas fluorescens* methanolem.



Prostor
pro vaše
poznámky

Obr. 22 Závislost probitových hodnot na logaritmu koncentrace methanolu.





6

Biochemie



6.1 Buněčná energetika

Příklad 1

Zadání: Vypočítejte množství energie v jednotkách ATP, která se uvolní aerobní β – oxidací kyseliny dekanové.

Řešení: Podstata metabolické dráhy nazývané β – oxidace mastných kyselin (též Lypnena spirála podle svého objevitele) spočívá v postupném štěpení řetězce mastné kyseliny (aktivované v podobě acyl-koenzymu A) po dvouuhlíkatých štěpech (acetylkoenzym A, AcSCoA). V případě aerobního metabolismus vstupuje AcSCoA do citrátového cyklu, kde je oxidován na CO_2 . Pro dořešení úlohy je třeba zbilancovat všechny metabolické kroky:

1. Aktivace mastné kyseliny. Mastná kyselina je aktivována vazbou na přenašeč koenzym A, energie se získá štěpením ATP (adenosintrifosfát = 3 zbytky kyseliny fosforečné) za vzniku AMP (adenosinmonofosfát = 1 zbytek kyseliny fosforečné). Odštěpení dvou fosfátů je energeticky srovnatelné se štěpením dvou ATP na ADP, v prvním kroku tedy organismus „investuje“ 2 jednotky ATP.



2. Postupné štěpení mastné kyseliny na dvojuhlíkaté štěpy (acetylkoenzym A).

V každém cyklu této reakce je nejprve mastná kyselina dehydrogenována za vzniku dvojně vazby, přičemž se redukuje jeden redoxní přenašeč FAD na FADH_2 . Na dvojnou vazbu je následně adována voda za vzniku alkoholu, který je následně oxidován na aldehyd. Při tom se zredukuje jeden redoxní přenašeč NAD^+ za vzniku $\text{NADH} + \text{H}^+$. Mezi druhým a třetím uhlíkem mastné kyseliny je následně mastná kyselina štěpena za účasti další molekuly přenašeče koenzymu A a vzniká jedna molekula acetylkoenzymu A. Mastná kyselina je zkrácena o dva atomy uhlíku a cyklus může pokračovat znovu. V případě kyseliny dekanové (10 atomů uhlíku) proběhne štěpení celkem 4x (vzniknou tedy 4 FADH_2 a 4 NADH) a štěpením vznikne celkem 5 molekul acetylkoenzymu A.

3. Citrátový cyklus. Oxidací v citrátovém cyklu se každá molekula acetylkoenzymu A oxiduje na 2 CO_2 . Při tom vznikne 3 NADH , 1 FADH_2 a 1 GTP (ekvivalent ATP). Oxidací 5 molekul acetylkoenzymu A z bodu 2. vznikne tedy celkem $5 \times 3 = 15$ NADH a $5 \times 1 = 5$ FADH_2 a 5 GTP.

4. Oxidační řetězec. V oxidačním řetězci se molekuly redukovaných kofaktorů oxidují kyslíkem za vzniku vody. Oxidací NADH vzniknou 3 ATP, oxidací FADH_2 vzniknou 2 ATP.

- Z bodu 2 máme 4 NADH , které odpovídají $4 \times 3 = 12$ ATP a 4 FADH_2 , které odpovídají $4 \times 2 = 8$ ATP. Celkem tedy 20 ATP.

- Z bodu 3 máme 15 NADH , které odpovídají $15 \times 3 = 45$ ATP, 5 FADH_2 , které odpovídají $5 \times 2 = 10$ ATP a 5 GTP, které odpovídají 5 ATP. Celkem tedy 60 ATP. V souhrnu tedy vznikne 20 ATP (štěpení) + 60 ATP (oxidace acetylkoenzymu A) – 2 (aktivace mastné kyseliny) = 78 ATP.

6.2 Krevní skupiny

Příklad 1

Zadání: Od jakého dárce může dostat transfúzi pacient s krevní skupinou AB Rh-? Komu může darovat?

Řešení: Krevní skupiny jsou dané geneticky zakódovanou tvorbou specifických polysacharidových struktur (antigenů) na povrchu červených krvinek. Z principu fungování specifické imunity vyplývá, že proti ostatním vlastnímu tělu neznámým antigenům produkují lymfocyty specifické protilátky, které zapříčiní aglutinaci (sražení) nekompatibilní krve. Hlavní povrchové antigeny jsou A, B a Rh, krevní skupina 0 znamená, že není tvořen povrchový antigen ani A ani B, Rh- znamená, že není tvořen antigen Rh.

V zadaném případě má pacient krevní skupiny AB Rh-, jeho tělo tedy zná antigeny A a B a netvoří proti nim protilátky. Nezná ale antigen Rh a proti tomu protilátky tvořit bude. Může tedy dostat jakoukoliv krev, kde se vyskytuje antigen A nebo B, ale ve které se nevyskytuje antigen Rh-. **Může tedy dostat krev A Rh-, B Rh-, AB Rh-, 0 Rh-.**

Jako dárce může darovat pouze osobě, jejíž imunitní systém zná antigeny A i B. Antigen Rh dárce netvoří a u příjemce na něm proto nezáleží. **Může tedy darovat osobám se skupinami AB Rh- a AB Rh+.**

6.3 Genetika

Příklad 1

Zadání: Doplňte komplementární sekvenci RNA k následujícímu úseku DNA, označte i konce 5' – CTTAGGGCCGTAAAGG – 3'. Kolika vodíkovými můstky se k sobě váží?

Řešení: DNA používá báze AGCT, RNA AGCů. Standardní páry bazí jsou A = T, A = U a C ≡ G. Vzájemná poloha obou řetězce je antiparalelní, tedy v uspořádání „hlava–pata“; kde má jeden řetězec začátek, má druhý konec.

5' – CTTAGGGCCGTAAAGG – 3'
3' – GAAUCCCGGCAUUUCC – 5'

Páry A = T a A = U se vzájemně váží dvěma vodíkovými můstky, pár C ≡ G třemi. Máme tedy 9 párů CG a 7 párů AU, celkem se váží $9 \times 3 + 7 \times 2 = 41$ vodíkových vazeb.



7

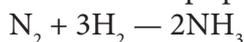
Analytická
chemie



V analytické chemii je nejdůležitější veličinou látkové množství, které se značí písmenem **n**. Jednotkou látkového množství je **mol**. Tato jednotka patří mezi základní jednotky SI soustavy. Z Daltonova zákona vyplývá význam látkového množství: látky spolu reagují v poměru malých celých čísel. Toho můžeme využít při řešení většiny příkladů v analytické chemii.

Příklad 1

Máme reakci přípravy amoniaku:



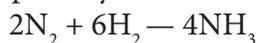
Pokud reakce probíhá kvantitativně, platí funkční vztahy:

$$n\text{N}_2 : n\text{H}_2 = 1:3$$

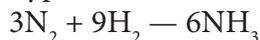
$$n\text{N}_2 : n\text{NH}_3 = 1:2$$

$$n\text{H}_2 : n\text{NH}_3 = 3:2$$

Pokud do reakce vstoupí dvojnásobné množství dusíku, musí se opět zachovat poměry látkového množství u všech sloučenin:



Nebo může do reakce vstoupit trojnásobné množství vodíku, tak reakce bude vypadat následovně:



Látkové množství můžeme vypočítat jak pro pevné látky, tak pro roztoky. Pokud je látka A pevná, vypočítá se látkové množství dle vztahu:

$$n(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})}$$

kdy $m(\text{A})$ je hmotnost látky A v gramech a $M(\text{A})$ je molární hmotnost látky A v $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Příklad 2

Vypočítejte látkové množství hydroxidu sodného, když jeho navážka je 120 g.

Molární hmotnost NaOH je $39,9971 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Jelikož hydroxid je pevná látka použijeme pro výpočet vzorec uvedený výše.

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{120}{39,9971} = 3 \text{ moly NaOH}$$

Příklad 3

Vypočítejte látkové množství chloridu olovnatého, kdy navážka činila 55 g. Molární hmotnost PbCl_2 je $278,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Opět se jedná o pevnou látku.

$$n(\text{PbCl}_2) = \frac{m(\text{PbCl}_2)}{M(\text{PbCl}_2)} = \frac{55}{278,1} = 0,198 \text{ mol PbCl}_2$$

Látkové množství se dá vypočítat i pro roztoky. Zde je potřeba znát molární koncentraci roztoku $c(\text{B})$, která se uvádí v $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ a objem roztoku v litrech, ve kterém je stanovovaná látka B rozpuštěná.

$$n(\text{B}) = c(\text{B})\cdot V$$

Příklad 4

Vypočítejte látkové množství síranu měďnatého, pokud molární koncentrace roztoku byla $0,02 \text{ mol.l}^{-1}$ a objem roztoku 250 ml.

$$n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = c(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot V = 0,02 \cdot 0,25 = 0,05 \text{ mol}$$

když se dosazuje do vzorce, je nutné mít stejné jednotky. Jelikož v zadání je objem uvedený v mililitrech, je potřeba ho převést na litry, tzn. 250 ml se rovná 0,25 l.

Příklad 5

Určete látkové množství chloridu sodného, kdy celkový objem roztoku byl 0,5 litru a molární koncentrace 10 mmol.l^{-1} .

$$n(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ mmolů} = 0,005 \text{ molů}$$

V tomto případě není nutné převádět molární koncentraci z mmol.l^{-1} na mol.l^{-1} .

K molární koncentraci a látkovému množství se ještě vrátíme.

Důležitou veličinou k vyjadřování složení roztoků nebo směsí se využívá hmotnostní zlomek, který se pro libovolnou látku A vyjadřuje vztahem

$$w(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{m(\text{celek})} \cdot 100 = \frac{m(\text{A})}{m(\text{aq})} \cdot 100$$

kde $w(\text{A})$ je hmotnostní zlomek látky A vyjádřený v procentech, $m(\text{A})$ je hmotnost stanovované látky A, $m(\text{celek})$ je hmotnost navažované látky a $m(\text{aq})$ může být hmotnost roztoku, pokud se jeho hustota blíží jedné.

Příklad 6

Vypočítejte kolik procent sodíku je v chloridu sodném. Atomová hmotnost Na je $22,99 \text{ g.mol}^{-1}$, molekulová hmotnost NaCl je $58,44 \text{ g.mol}^{-1}$.

$$w(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{m(\text{NaCl})} \cdot 100 = \frac{22,99}{58,44} \cdot 100 = 39,34\%$$

Výsledkem je, že chlorid sodný obsahuje 39,34% sodíku.

Pokud potřebujeme připravit roztoky, kde máme zadané procentuální složení vzorku, lze odvozením z předešlého vztahu odvodit výpočet navážky použité chemikálie.

Příklad 7

Připravte 20ti % roztok hydroxidu sodného do 500 ml odměrné baňky. Molekulová hmotnost NaOH je $39,997 \text{ g.mol}^{-1}$.

Z předešlého vztahu vyjádříme výpočet hmotnosti navažované látky.

$$m(\text{NaOH}) = \frac{w(\text{NaOH}) \cdot m(\text{roztoku})}{100}$$

Jelikož hmotnost roztoku není zadaná, ale víme, jaký objem se bude připravovat a předpokládá se hustota přibližně 1 g.dm^{-3} , doplníme za $m(\text{roztoku})$ objem 500 ml. Důležité je pohlídat si jednotky, kdy 1 g odpovídá 1 ml a 1 kg odpovídá 1 dm^{-3} .

$$m(\text{NaOH}) = \frac{20 \cdot 500}{100} = 100 \text{ g}$$

Výsledkem je, že k přípravě dvacetiprocentního roztoku je potřeba navážít 100 g

hydroxidu sodného do 500 ml odměrné baňky.
Pro tento výpočet nepotřebujeme vůbec hodnotu molekulové hmotnosti.

Příklad 8

Připravte roztok dusičnanu draselného, aby koncentrace dusičnanových iontů byla 5 %. Objem roztoku činí 1 litr. Molekulová hmotnost KNO_3 je $101,103 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Atomová hmotnost draslíku je $39,098 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. V tomto případě nás zajímá koncentrace dusičnanových iontů. Proto je nutné si vypočítat, kolik dusičnanových iontů (hmotnostní procenta) obsahuje dusičnan draselný.

$$w(\text{NO}_3^-) = \frac{m(\text{NO}_3^-)}{m(\text{KNO}_3)} * 100 = \frac{m(\text{KNO}_3) - m(\text{K})}{m(\text{KNO}_3)} * 100 = \frac{101,103 - 39,098}{101,103} * 100 = 63,1\%$$

Pokud navážíme $101,103 \text{ g KNO}_3$, odpovídá to pouze 63,1% dusičnanových iontů. To znamená, že je potřeba vždy navažovat větší množství dusičnanu draselného. Nyní můžeme dosadit do vzorce pro přípravu roztoků, víme, že objem roztoku je 1 litr, ale mají to být pouze dusičnany. Zde je několik variant, jak dojít k výsledku. Ukážeme si tu nejjednodušší. Jelikož navažujeme dusičnan draselný, spočítáme si, kolik bychom měli navážít dusičnanu draselného, pokud bychom chtěli připravit 5% roztok.

$$m(\text{KNO}_3) = \frac{w(\text{KNO}_3) * m(\text{roztoku})}{100} = \frac{5 * 1000}{100} = 50 \text{ g}$$

Tato navážka by odpovídala přípravě roztoku 5% KNO_3 . A jelikož víme, že samotných dusičnanových iontů je v KNO_3 pouze 63,1%, můžeme přes trojčlenku vypočítat správnou navážku.

63,1 % NO_3^- iontů odpovídá navážka 50 g KNO_3

100 % NO_3^- iontů odpovídá x.

$$x = \frac{100 * 50}{63,1} = 79,2 \text{ g KNO}_3$$

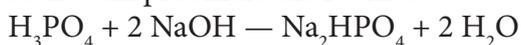
7.1 Modelové výpočty k procvičení

Výpočet stanovované látky (hmotnosti, koncentrace) a výpočet navážky při titračním stanovení.

1. Výpočet molární koncentrace stanovované látky

Vypočtete molární koncentraci (neboli látkovou, tj. v jednotkách $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$) vzorku kyseliny fosforečné. Ke stanovení byl přesně odměřen objem 25 ml vzorku kyseliny, vzorek byl titrován odměrným roztokem NaOH o přesné koncentraci (titru) $0,1027 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$. Stanovení bylo založeno na reakci NaOH s H_3PO_4 do druhého stupně (na Na_2HPO_4).

Stanovení probíhalo dle rovnice:



Úkolem je vypočítat koncentraci H_3PO_4 ve vzorku – označíme $c_{\text{H}_3\text{PO}_4}$.
Spotřeba odměrného roztoku byla $V_{\text{NaOH}} = 19,8$ ml, tj. $19,8/1000$ litrů jeho
koncentrace $c_{\text{NaOH}} = 0,1027$ mol.l⁻¹.

Podle rovnice reaguje 1 mol H_3PO_4 se 2 moly NaOH. Z toho plyne pro ekvivalenci
látkových množství titračního činidla n_{NaOH} a stanovované látky $n_{\text{H}_3\text{PO}_4}$

$$\frac{n_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{n_{\text{NaOH}}} = \frac{1}{2} \quad ; \text{tzn. že platí } n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{1}{2} \cdot n_{\text{NaOH}}$$

Látkové množství n_{NaOH} vypočteme se spotřebou a titru

$$n_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}} \quad ; \text{po dosazení dostáváme}$$

$$n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}}{2}$$

Stanovovanou koncentraci H_3PO_4 ($c_{\text{H}_3\text{PO}_4}$) lze vypočítat z $n_{\text{H}_3\text{PO}_4}$ a objemu vzorku V_{vz}

$$c_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{n_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{V_{\text{vz}}} \quad ; \text{takže po dosazení z předchozí rovnice za } n_{\text{H}_3\text{PO}_4}$$

a dosazení dostáváme

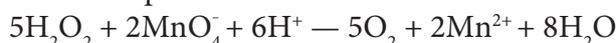
$$c_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}}{2 \cdot V_{\text{H}_3\text{PO}_4}} = \frac{19,8}{1000} \cdot \frac{0,1027}{2} \cdot \frac{1000}{25/1000} = \frac{19,8}{1000} \cdot \frac{0,1027}{2} \cdot \frac{1000}{25} = 0,04067 \text{ mol.l}^{-1}$$

Koncentrace kyseliny fosforečné je 0,04067 mol.l⁻¹.

7.2 Výpočet hmotnosti stanovované látky

2. Vypočtete hmotnost H_2O_2 v zadané dávce vzorku, výsledek uveďte v mg. Vzorek peroxidu byl naředěn v odměrné baňce na 250 ml. Objem 25 ml tohoto roztoku byl titrován odměrným roztokem KMnO_4 v kyselém prostředí. Spotřeba roztoku KMnO_4 s přesnou koncentrací $0,0189$ mol.l⁻¹ činila 17,6 ml.

Stanovení probíhá dle rovnice



V bodě ekvivalence platí pro zreagovaná látková množství, kdy veškeré množství peroxidu vodíku přejde na kyslík a přidané množství manganistanu zreaguje na manganatou sůl

$$\frac{n_{\text{H}_2\text{O}_2}}{n_{\text{KMnO}_4}} = \frac{5}{2} \quad , \text{ což znamená } n_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{5 \cdot c_{\text{KMnO}_4}}{2}$$

Látkové množství spotřebovaného KMnO_4 vypočteme ze spotřeby a koncentrace

$$n_{\text{KMnO}_4} = c_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4}$$

po dosazení

$$n_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{5 \cdot c_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4}}{2}$$

Prostor
pro vaše
poznámky

Hmotnost H_2O_2 v titrovaném objemu určíme z látkového množství H_2O_2 a z molární hmotnosti H_2O_2

$$n_{\text{H}_2\text{O}_2} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{5 \cdot c_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}_2}}{2}$$

Protože jsme ke stanovení brali jen 25 ml (V_1) z 250 ml (V_{vz}) naředěného vzorku, je hmotnost celého vzorku úměrně větší: $V_{\text{vz}}/V_1 = 250/25$ — tedy 10krát.

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{O}_2} &= \frac{5 \cdot c_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}_2} \cdot V_{\text{vz}}}{2 \cdot V_1} = \frac{5 \cdot 0,0189 \cdot 17,6}{2} \cdot \frac{34,1}{1000} \cdot \frac{250}{25/1000} \cdot \frac{1}{1000} = \\ &= \frac{5 \cdot 0,0189 \cdot 17,6}{2} \cdot \frac{34,1 \cdot 1000}{1000} \cdot \frac{250}{25} \cdot \frac{1}{1000} = 0,2836 \text{ g} = 283,6 \text{ mg} \end{aligned}$$

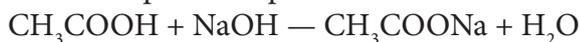
Při dosazování objemy 25 ml a 250 ml máme ve stejných jednotkách, takže se jejich jednotky krátí, objem titračního činidla musíme dosadit v litrech (17,6/1000), výsledná hmotnost vyjde v g; podle zadání máme výsledek uvést v mg, takže výraz násobíme 1000×.

Hmotnost peroxidu ve vzorku je 283,6 mg.

7.3 Výpočet hmotnostní koncentrace vzorku

3. Koncentrace octové kyseliny v octě byla stanovována titračně. Objem 25 ml vzorku octa byl naředěn v odměrné baňce na 250 ml. Z tohoto naředěného vzorku bylo odpipetováno 25 ml k titračnímu stanovení. Při titraci bylo k dosažení bodu ekvivalence spotřebováno 22,6 ml roztoku NaOH s přesnou koncentrací 0,0998 mol.l⁻¹. Vypočítejte hmotnostní koncentraci octové kyseliny v octě.

Stanovení proběhlo podle rovnice:



1 mol CH_3COOH reaguje s 1 molem NaOH, tzn. že v bodě ekvivalence platí

$$n_{\text{OK}} = n_{\text{NaOH}}$$

Látkové množství n_{NaOH} vypočteme ze spotřeby V_{NaOH} a titru c_{NaOH}

$$n_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}$$

takže látkové množství octové kyseliny

$$n_{\text{OK}} = V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}$$

Odpovídající hmotnost octové kyseliny

$$m_{\text{OK}} = n_{\text{OK}} \cdot M_{\text{OK}} = V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot M_{\text{OK}}$$

Hmotnostní koncentraci CH_3COOH v naředěném roztoku vzorku lze vypočítat z této hmotnosti a z pipetovaného objemu naředěného vzorku $V_2 = 25$ ml

$$\frac{m_{\text{OK}}}{V_2} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot M_{\text{OK}}}{V_2}$$

Vlastní vzorek byl ovšem ke stanovení ředěn v poměru 250ml/25ml, to znamená, že je 10krát koncentrovanější (obecně V_{vz}/V_1).

Hmotnostní koncentraci CH_3COOH v původním vzorku octa ρ_{OK} (ró)

$$\rho_{OK} = \frac{V_{NaOH} \cdot c_{NaOH} \cdot M_{OK} \cdot V_{vz}}{V_2 \cdot V_1} = \frac{V_{NaOH} \cdot c_{NaOH} \cdot M_{OK} \cdot 10}{V_2} = \frac{22,6}{1000} \cdot \frac{0,0998 \cdot 60,05 \cdot 10}{25/1000} =$$

$$= \frac{22,6}{1000} \cdot \frac{1000 \cdot 0,0998 \cdot 60,05 \cdot 10}{25} = 54,2 \text{ g.l}^{-1}$$

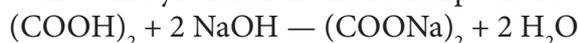
Objemy V_2 , V_{NaOH} mají být dosazeny v litrech, tyto přepočty (dělení 1000) se v čitateli a jmenovateli krátí.

Koncentrace octové kyseliny v octě je $54,2 \text{ g.l}^{-1}$.

7.4 Výpočet navážky ke stanovení přesné koncentrace (titru)

4. Vypočtete navážku dihydrátu šťavelové kyseliny $[(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ potřebnou ke stanovení titru NaOH o přibližné koncentraci $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$. Uvažujte, že spotřeba roztoku hydroxidu má být 25 ml a šťavelová kyselina zreaguje do druhého stupně (na šťavelan sodný).

Stanovení bylo založeno na reakci podle rovnice:



Úkolem je vypočítat hmotnost dihydrátu kyseliny šťavelové $m_{\text{DHKŠ}}$
molární hmotnost dihydrátu kyseliny šťavelové najdu v tabulce $M_{\text{DHKŠ}}$
Spotřeba odměrného roztoku má být $V_{\text{NaOH}} = 25 \text{ ml}$, tj. $25/1000$ litrů
jeho koncentrace $c_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ mol.l}^{-1}$

Podle rovnice, na níž je stanovení založeno, reaguje 1 mol $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ se 2 moly NaOH . Z toho plyne pro ekvivalenci látkových množství titračního činidla n_{NaOH} a stanovovaného dihydrátu šťavelové kyseliny $n_{\text{DHKŠ}}$

$$\frac{n_{\text{DHKŠ}}}{n_{\text{NaOH}}} = \frac{1}{2} \quad \text{tzn., že platí} \quad n_{\text{DHKŠ}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{2}$$

Látkové množství n_{NaOH} vypočteme ze spotřeby a koncentrace

$$n_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}, \text{ takže po dosazení dostáváme}$$

$$n_{\text{DHKŠ}} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}}{2}$$

Hmotnost dihydrátu kyseliny šťavelové $m_{\text{DHKŠ}}$ lze vypočítat z látkového množství (počet molů) $n_{\text{DHKŠ}}$ a z molární hmotnosti $M_{\text{DHKŠ}}$

$$m_{\text{DHKŠ}} = n_{\text{DHKŠ}} \cdot M_{\text{DHKŠ}}$$

po dosazení z předchozí rovnice za $n_{\text{DHKŠ}}$ a dosazení dostáváme

$$m_{\text{DHKŠ}} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot M_{\text{DHKŠ}}}{2} = \frac{25 \cdot 0,1 \cdot 126,07}{1000 \cdot 2} = 0,1576 \text{ g}$$

Ke stanovení titru navážíme co nejpřesněji (tzn. na analytických vahách) kolem 0,16 g dihydrátu šťavelové kyseliny.

7.5 Příprava roztoku o zadané koncentraci

7.5.1 Výpočet potřebné hmotnosti látky

5. Vypočtete hmotnost pevného NaOH, která je potřeba k přípravě 1 litru roztoku NaOH o přibližné koncentraci 0,2 mol.l⁻¹.

$$n_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}$$

$$m_{\text{NaOH}} = n_{\text{NaOH}} \cdot M_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot M_{\text{NaOH}} = 1 \cdot 0,2 \cdot 40,0 = 8,0 \text{ g}$$

Pro přípravu roztoku NaOH o přibližné koncentraci odvážíme kolem 8 g NaOH na tzv. předvážkách (méně přesných vahách).

Poznámka: přesným vážením na vahách analytických bychom v tomto případě nic nevylepšíli, protože složení navažovaného NaOH neodpovídá přesně vzorci NaOH; látka obsahuje neznámé množství uhličitanu a vody – NaOH není tzv. základní látkou.

7.5.2 Výpočet potřebného objemu roztoku látky

6. Vypočtete objem cca 15%ní H₂SO₄, který je potřeba pro přípravu 0,5 litru odměrného roztoku H₂SO₄ s přibližnou koncentrací 0,1 mol.l⁻¹.

K dispozici je zředěná asi 15%ní kyselina sírová; v tabulkách nalezneme molární koncentraci této kyseliny

$$c_1 = 1,685 \text{ mol.l}^{-1}$$

Máme určit objem této kyseliny

$$V_1 \text{ (např. v ml)}$$

potřebný k přípravě objemu

$$V_2 = 0,5 \text{ l} = 500 \text{ ml}$$

H₂SO₄ s molární (látkovou) koncentrací

$$c_2 \approx 0,1 \text{ mol.l}^{-1}$$

Látkové množství kyseliny v připravovaném roztoku n_2 musí být obsaženo v použitém objemu kyseliny 15%ní (n_1 látkové množství kyseliny v 15%ním roztoku)

$$n_1 = n_2$$

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$$

$$V_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1} = \frac{0,1 \cdot 500}{1,685} = 29,7 \text{ ml}$$

Je třeba odměřit asi 30 ml 15%ní H_2SO_4 .

Poznámka: Přesnější měření objemu kyseliny by nebylo opět účelné, protože koncentraci H_2SO_4 neznáme dostatečně přesně; roztok H_2SO_4 není základní látka.

Prostor
pro vaše
poznámky

7.5.3 Příprava roztoku o přesné koncentraci

7.

a) Vypočtete hmotnost pevného $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, který je potřeba k přípravě 500 ml roztoku s molární (látkovou) koncentrací $0,03333 \text{ mol.l}^{-1}$.

b) Při přípravě roztoku $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ navážil analytik na analytických vahách přesně 4,9251 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Vypočtete přesnou koncentraci roztoku připraveného rozpuštěním této navážky a doplněním v odměrné baňce na objem 500 ml.

Poznámka: Dichroman draselný patří k látkám, jejichž složení odpovídá dostatečně přesně chemickému vzorci, jedná se o tzv. základní látky. Pro tyto látky je možné připravit roztok s přesnou koncentrací; navážku v tomto případě odvažujeme co nejpřesněji na analytických vahách a přesný objem získáme doplněním odměrné baňky po její značku.

a) Potřebné látkového množství $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (označíme $n[\text{mol}]$) vypočteme z objemu roztoku ($V[\text{l}]$) a molární koncentrace ($c[\text{mol.l}^{-1}]$)

$$m = c \cdot V$$

Objem v ml je třeba přepočítat na litry.

Odpovídající hmotnost $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($m[\text{g}]$) vypočteme z látkového množství a molární hmotnosti $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($M = 294,184 \text{ g.mol}^{-1}$), kterou nalezneme v tabulkách

$$m = n \cdot M = c \cdot V \cdot M = 0,03333 \cdot \frac{500}{1000} \cdot 294,18 = 4,9025 \text{ g}$$

Je třeba navážít na analytických vahách hmotnost kolem 4,90 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Poznámka: Látka se naváží na analytických vahách – co nejpřesněji, ale nemusí to být přesně vypočtené hmotnost 4,9025g – analytik se nebude hrát půl hodiny s tím, aby navážil přesně tuto vypočtenou hmotnost. Z přesné hodnoty skutečně navážené hmotnosti pak vypočte skutečnou koncentraci připraveného roztoku – viz část b.

b) Ze skutečně navážené hmotnosti $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($m[\text{g}]$) vypočteme odpovídající látkové množství ($n[\text{mol}]$)

$$n = \frac{m}{M}$$

a z něj vypočteme koncentraci ($c[\text{mol.l}^{-1}]$)

$$c = \frac{m}{M \cdot V}$$

celkový výpočet

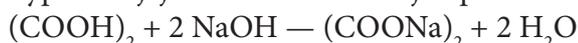
$$c = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{4,9251}{294,18 \cdot 500/1000} = \frac{4,9251 \cdot 1000}{294,18 \cdot 500} = 0,03348 \text{ mol.l}^{-1}$$

Byl připraven roztok $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ s koncentrací $0,03348 \text{ mol.l}^{-1}$.

7.6 Určení přesné koncentrace odměrného roztoku — titru

8. Vypočtete koncentraci roztoku NaOH, jestliže na navážku 0,2056 g dihydrátu kyseliny šťavelové $[(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ byla spotřeba 30,9 ml tohoto roztoku.

Poznámka: dihydrát kyseliny šťavelové patří k tzv. základním látkám (čistě látky přesného složení, jejich složení přesně odpovídá vzorci). Pro takovou látku můžeme z její hmotnosti vypočítat velmi přesně odpovídající látkové množství. (U látky, která není zcela čistá, jejíž složení není přesně známé, můžeme z hmotnosti vypočítat její látkové množství jen přibližně.)



podle rovnice platí $\frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{DHKŠ}}} = \frac{2}{1}$ tzn. že platí $n_{\text{NaOH}} = 2 \cdot n_{\text{DHKŠ}}$

Látkové množství dihydrátu kyseliny šťavelové $n_{\text{DHKŠ}}$ vypočteme z navážené hmotnosti $m_{\text{DHKŠ}} = 0,2056 \text{ g}$ a z molární hmotnosti $M_{\text{DHKŠ}} = 126,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (z tabulek).

$$n_{\text{DHKŠ}} = m_{\text{DHKŠ}} / M_{\text{DHKŠ}}$$

Látkové množství hydroxidu lze vyjádřit z jeho hledané koncentrace c_{NaOH}

a ze spotřeby V_{NaOH}

$n_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}}$, takže po dosazení dostáváme

$$V_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}} = \frac{2 \cdot m_{\text{DHKŠ}}}{M_{\text{DHKŠ}}}$$

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{2 \cdot m_{\text{DHKŠ}}}{M_{\text{DHKŠ}} \cdot V_{\text{DHKŠ}}} = \frac{2 \cdot 0,2056 \cdot 1000}{126,07 \cdot 30,9} = 0,1056 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Přesná koncentrace roztoku NaOH je 0,1056 mol.l⁻¹.

7.7 Výpočty při použití kalibrační křivky

9. Měď (Cu) byla stanovována spektrofotometricky metodou kalibrační křivky (stanovení je založeno na měření schopnosti barevných roztoků pohlcovat světlo určité, vhodně zvolené, vlnové délky). Vypočtete hmotnost Cu ve vzorku, jestliže vzorek byl po vybarvení činidlem doplněn na objem 25 ml. Absorbance vybarveného roztoku vzorku A_{vz} byla 0,235.

Kalibrační roztoky byly připraveny v odměrných baňkách o objemu 50 ml pipetováním základního roztoku Cu o přesné koncentraci $1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ (roztoky byly opět vybarveny). Odměřené objemy základního roztoku a naměřené absorbance kalibračních roztoků jsou uvedeny v tabulce:

Tabulka 14

objem zákl. roztoku Cu [ml]	naměřená absorbance
0	0,003
1	0,069
2	0,143
3	0,182
5	0,361
7	0,440

Prostor
pro vaše
poznámky

Nejprve vyhodnotíme kalibrační křivku.

Vypočteme koncentrace Cu v kalibračních roztocích a doplníme je do tabulky:
látková množství Cu v pipetovaném objemu a v připraveném roztoku jsou stejná

$$n_2 = n_1 \quad c_2 \cdot V_2 = c_1 \cdot V_1$$

např. kal. roztok číslo 2

$$c_2 = c_1 \cdot V_1 / V_2 = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 / 50 = 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}$$

(oba objemy dosazeny v ml, úprava na litry se krátí)

Tabulka 15

číslo roztoku	objem zákl. roztoku Cu [ml]	koncentrace c [$10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}$]	naměřená absorbance A
1	0	0	0,003
2	1	0,02	0,069
3	2	0,04	0,143
4	3	0,06	0,182
5	5	0,10	0,361
6	7	0,14	0,440

V programu Microsoft Excel proložíme přímkovou závislost absorbance A na koncentraci c

$$A = k_1 + k_2 \cdot c$$

za použití funkce:

intercept nalezneme úsek na ose $k_1 = 0,00626$

slope nalezneme směrnici $k_2 = 3,224$ jednotka $1/(10^{-3} \text{ mol.l}^{-1})$

Rovnice nalezené kalibrační závislosti

$$A = 0,00626 + 3,224 \cdot c$$

Z naměřené absorbance proměřovaného roztoku vzorku vypočteme koncentraci Cu

$$A_{\text{vz}} = 0,235$$

$$c_{\text{vz}} = (A_{\text{vz}} - k_1) / k_2 = (0,235 - 0,00626) / 3,224 = 0,07096 \cdot 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}$$

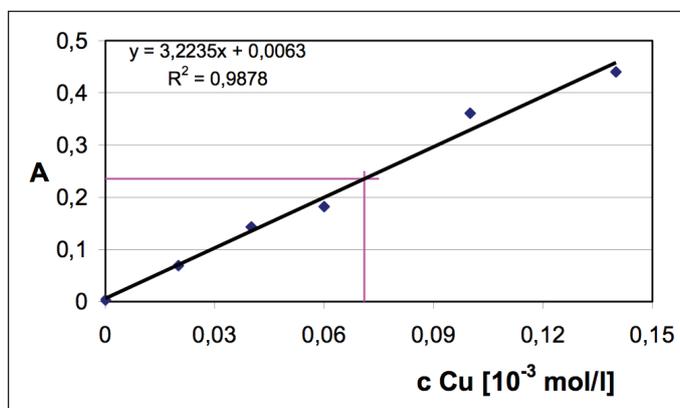
Hmotnost Cu ve vzorku

Prostor
pro vaše
poznámky

$$m_{\text{vz}} = c_{\text{vz}} \cdot V_{\text{vz}} \cdot M_{\text{Cu}} = 0,07096 \cdot 10^{-3} \cdot 25/1000 \cdot 63,55 = 0,000113 \text{ g} = 0,113 \text{ mg}$$

Ve vzorku bylo 0,113 mg Cu.

Obrázek 23



7.8 Výpočty pro jednotlivé laboratorní práce

7.8.1 Neutralizační titrace

10. Vypočtete objem cca 10%ní H_2SO_4 , který je potřeba pro přípravu 1 litru odměrného roztoku H_2SO_4 s přibližnou koncentrací $0,05 \text{ mol.l}^{-1}$. (Viz příklad 6)

11. Vypočtete navážku KHCO_3 potřebnou ke stanovení titru H_2SO_4 o přibližné koncentraci $0,05 \text{ mol.l}^{-1}$. Uvažujte, že spotřeba roztoku kyseliny má být 25 ml a kyselina zreaguje do druhého stupně, tj. za vzniku K_2SO_4 .



$$\frac{n_{\text{KHCO}_3}}{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{2}{1}$$

12. Vypočtete přesnou koncentraci roztoku H_2SO_4 , jestliže při titraci navážky $0,3019 \text{ g KHCO}_3$ byla spotřeba $25,5 \text{ ml H}_2\text{SO}_4$. (Při titraci H_2SO_4 zreagovala do druhého stupně, tj. za vzniku K_2SO_4 .)

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{KHCO}_3}}{2 \cdot M_{\text{KHCO}_3} \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{0,3019 \cdot 1000}{2 \cdot 100,12 \cdot 25,5} = 0,0591 \text{ mol.l}^{-1}$$

13. Vypočtete přibližnou hmotnost pevného NaOH , který je třeba pro přípravu 1 litru roztoku hydroxidu s přibližnou koncentrací $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$. (Viz př. 5).

14. Vypočtete přesnou koncentraci roztoku NaOH , jestliže při titraci objemu přesně 25 ml tohoto roztoku bylo spotřeba odměrného roztoku H_2SO_4 $24,6 \text{ ml}$ o přesné koncentraci $0,0510 \text{ mol.l}^{-1}$. (Při titraci H_2SO_4 zreagovala do druhého stupně, tj. za vzniku Na_2SO_4 .)



15. Koncentrace octové kyseliny v octě byla stanovována titračně. Objem 25 ml vzorku octa byl naředěn v odměrné baňce na 250 ml. Z tohoto naředěného vzorku bylo odpipetováno 25 ml k titračnímu stanovení. Při titraci bylo k dosažení bodu ekvivalence spotřebováno 22,6 ml roztoku NaOH s přesnou koncentrací 0,0998 mol.l⁻¹. Vypočtete hmotnostní koncentraci octové kyseliny v octě. (Viz př. 3)

7.8.2 Konduktometrická a potenciometrická titrace

16. Vypočtete navážku dihydrátu kyseliny šťavelové [(COOH)₂ · 2H₂O] potřebnou ke stanovení titru NaOH o přibližné koncentraci 1 mol.l⁻¹. Uvažujte, že spotřeba roztoku hydroxidu má být 20 ml a že kyselina šťavelová zreaguje do druhého stupně (na šťavelan sodný). (Viz př. 4)

17. Vypočtete navážku dihydrátu kyseliny šťavelové [(COOH)₂ · 2H₂O] potřebnou ke stanovení titru NaOH o přibližné koncentraci 0,1 mol.l⁻¹. Uvažujte, že spotřeba roztoku hydroxidu má být 20 ml a že kyselina šťavelová zreaguje do druhého stupně (na šťavelan sodný). (Viz př. 4)

18. Vypočtete přesnou koncentraci roztoku NaOH, jestliže na navážku 1,6053 g dihydrátu kyseliny šťavelové [(COOH)₂ · 2H₂O] byla spotřeba 23,6 ml tohoto roztoku. (Viz př. 8)

19. Vypočtete molární (látkovou, tj. v jednotkách mol.l⁻¹) koncentraci vzorku kyseliny fosforečné. Ke stanovení byl přesně odměřen objem 25 ml vzorku kyseliny, vzorek byl titrován odměrným roztokem NaOH o přesné koncentraci (titru) 0,1023 mol.l⁻¹. Stanovení bylo založeno na reakci NaOH s H₃PO₄ do prvního stupně (na NaH₂PO₄). (Viz př. 1)

7.8.3 Chelatometrie

20. Vypočtete titr (přesnou koncentraci) odměrného roztoku chelatonu, jestliže při titraci přesné navážky 0,1246 g PbCl₂ bylo spotřebováno 27,3 ml tohoto roztoku. (Viz př. 7)

Rovnice podle, které probíhá stanovení



H₂Y²⁻ je vzorec aniontu chelatonu

21. Vypočtete hmotnost Cu ve stanovovaném vzorku (v g), jestliže při titraci bylo spotřebováno přesně 26,7 ml odměrného roztoku chelatonu s přesnou koncentrací 0,2061 mol.l⁻¹. (Viz př. 2, případně jako 4)



7.8.4 Manganometrie

22. Vypočítejte navážku dihydrátu kyseliny šťavelové $[(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ potřebnou ke stanovení titru KMnO_4 o přibližné koncentraci $0,02 \text{ mol.l}^{-1}$. Uvažujte, že spotřeba roztoku manganistanu má být 25 ml a že kyselina šťavelová zreaguje dle rovnice $5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ \rightarrow 10\text{CO}_2 + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$

$$\frac{n_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{n_{\text{KMnO}_4}} = \frac{5}{2}$$

(Viz př. 4)

23. Vypočítejte titr (přesnou koncentraci) odměrného roztoku KMnO_4 , jestliže při titraci navážky 0,1802 g dihydrátu kyseliny šťavelové $[(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ bylo spotřebováno 27,3 ml tohoto roztoku. Rovnice podle, které probíhá stanovení je uvedena výše. (Viz př. 7)

$[0,02094 \text{ mol.l}^{-1}]$

$$c_{\text{KMnO}_4} = \frac{2 \cdot m_z \cdot 1000}{5 \cdot M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \cdot V$$

24. Vypočítejte hmotnost H_2O_2 v zadané dávce vzorku, výsledek uveďte v mg. Vzorek peroxidu byl naředěn v odměrné baňce na 250 ml. Objem 25 ml tohoto roztoku byl titrován odměrným roztokem KMnO_4 v kyselém prostředí. Spotřeba roztoku KMnO_4 s přesnou koncentrací $0,0189 \text{ mol.l}^{-1}$ činila 17,6 ml. (Vypočteno – př. 2)

7.8.5 Refraktometrické stanovení

25. Koncentrace roztoku KCl byla stanovována refraktometricky (měření indexu lomu n) na základě proměřené kalibrační křivky. Určete hmotnostní koncentraci roztoku KCl, jestliže naměřená hodnota jeho indexu lomu byla 1,3470.

Roztoky pro kalibrační křivku byly připraveny z navážek pevného KCl, které byly doplněny na objemy 25 ml. Navážené hmotnosti a naměřené indexy lomů těchto roztoků jsou uvedeny v tabulce:

Tabulka 16

č.m.	$m \text{ KCl [g]}$	$c \text{ [g/ml]}$	index lomu n
1	0,0		1,3315
2	0,5		1,3360
3	1,0		1,3380
4	1,5		1,3390
5	2,0		1,3421
6	2,5		1,3431
7	3,0		1,3481
8	3,5		1,3491
9	4,0		1,3521

(rovnice kalibrační přímky $n = 1,3324 + 0,1217 \cdot c$; koncentrace KCl $0,120 \text{ g.ml}^{-1}$)

Tabulka 17 Relativních molekulové hmotnosti vybraných látek

vzorec látky	Relativní molekulová hmotnost
$(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	126,07
CH_3COOH	60,05
<u>Cu</u>	63,55
KHCO_3	100,12
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	294,18
<u>NaOH</u>	40,00
PbCl_2	278,1

Prostor
pro vaše
poznámky

Veličina látkové množství (n) a její jednotka mol byly zavedeny tak, aby hmotnost 1 molu látky vyjádřená v g číselně souhlasila právě s relativní molekulovou hmotností této látky.

Tabulka 18 Hustoty a koncentrace kyseliny sírové

Hustoty roztoků kyselin, zásad a solí				
Kyselina sírová $\frac{20^\circ}{4^\circ} \text{C}$				
% H_2SO_4	d	$^{\circ}\text{Bé}$	$\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$	$\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$
1	1,0051	0,7	10,05	0,1025
2	1,0113	1,7	20,24	0,2064
3	1,0184	2,8	30,55	0,3115
4	1,0250	3,5	41,00	0,4180
5	1,0317	4,5	51,59	0,5260
6	1,0385	5,4	62,31	0,6353
7	1,0453	6,3	73,17	0,7460
8	1,0522	7,2	84,18	0,8583
9	1,0591	8,1	95,32	0,9718
10	1,0661	9,0	106,6	1,087
11	1,0731	9,9	118,0	1,203
12	1,0802	10,8	129,8	1,321
13	1,0874	11,7	141,4	1,442
14	1,0947	12,5	153,8	1,565
15	1,1020	13,4	166,3	1,685

