

Stanovení obsahu fosforečnanů

Je ten prací prostředek opravdu „phosphate free“?

Obsah

Úvod	2	Příprava úlohy (praktická příprava)	15
Cíle	2	Postup práce	15
Teoretický úvod	3	Nastavení HW a SW	15
Motivace studentů	6	Příprava měření	15
Doporučený postup	7	Vlastní měření (záznam dat)	17
Příprava úlohy	7	Analýza naměřených dat	18
Materiály pro studenty	8	Pracovní list učitele	19
Záznam dat	8	Slovníček pojmů	19
Analýza dat	8	Teoretická příprava úlohy	20
Syntéza a závěr	8	Vizualizace naměřených dat	21
Hodnocení	9	Vyhodnocení naměřených dat	21
Internetové odkazy	9	Závěr	22
Pracovní návod	11	Pracovní list studenta	23
Zadání úlohy	11	Slovníček pojmů	23
Pomůcky	11	Teoretická příprava úlohy	24
Bezpečnost práce	12	Vizualizace naměřených dat	25
Teoretický úvod	12	Vyhodnocení naměřených dat	25
		Závěr	27

 **Zařazení do výuky**

Experiment je vhodné zařadit v rámci učiva o sloučeninách fosforu, vlivu fosforečnanů na životní prostředí – eutrofizace vod, ale např. také v rámci analytické chemie či biochemie.

 **Tip 1**

Použitá metoda je velice citlivá a dovoluje stanovit i malá množství fosforečnanů. Fosforečnany můžete tím pádem stanovovat také v pitné vodě, vodě z vodních toků, atd. Nabízí se celá řada modifikací úlohy, a to především ve vztahu ke sledování určitého biologického faktoru, např. problematiky eutrofizace vod – sledování obsahu fosforečnanů na horním a dolním toku řek, před a za čističkou, před městem a za městem, ap.

 **Časová náročnost**

Dvě hodiny (2 × 45 min).

Čas se vztahuje k základní uvedené variantě včetně úvodní diskuse a vyhodnocení výsledků. Základním předpokladem je rutinní zvládnutí laboratorních činností jako je příprava roztoků, odměřování roztoků, ředění roztoků. Pokud pracujete se skupinou která tyto laboratorní operace neovládá, je lépe koncipovat cvičení jako tříhodinové. V případě, že budou studenti používat již hotovou kalibrační křivku, je možné naopak koncipovat cvičení i jako jednohodinové.

Úvod

V následujícím laboratorním cvičení využijí studenti spektrofotometrické čidlo ke stanovení koncentrace fosforečnanů v parcích a mycích prostředcích. Fosforečnany je dnes naše životní prostředí poměrně silně kontaminováno. Tato kontaminace se projevuje také podstatným podílem na jevu, který je znám jako „eutrofizace vod“. Úloha je ideální k zařazení v rámci chemicko-biologických průřezových témat.

Úloha úzce navazuje na základní seznámení se spektrofotometrickým stanovením koncentrace v úloze „Stanovení koncentrace látky v roztoku“. Princip spektrofotometrického stanovení koncentrace určité látky v roztoku zde již není detailně znovu vysvětlován.

Cíle

Studenti by měli zvládnout:

- použít odpovídající instrumentální vybavení (jednoduchý spektrofotometr Pasco) ke stanovení koncentrace fosforečnanů v roztoku,
- pracovat čistě bez kontaminace roztoků fosforečnany ze špatně umytého chemického nádobí, odměrného skla, atd.,
- připravit kalibrační roztoky a sestavit kalibrační křivku,
- analyzovat naměřené hodnoty a vyvodit závěry v souvislosti s detekovaným množstvím fosforečnanů.

Teoretický úvod

Použitá kolorimetrická metoda je založena na **Lambertově-Beerově zákoně**, který definuje vztah mezi absorpcí světla a vlastnostmi určité látky, kterou světlo prochází. Tato závislost je vyjádřena matematicky následujícím vztahem:

$$A_{\lambda} = E_{\lambda} \cdot l \cdot c_M \quad (1.0)$$

kde A_{λ} je absorbance světla, E_{λ} absorpční koeficient dané látky, l je dráha světla uražená v roztoku (délka dráhy), c_M je molární koncentrace látky v roztoku. Pro další potřeby si tento vztah označíme jako 1.0. Absorpční koeficient E_{λ} nabývá různých hodnot a je specifický pro danou látku. Jeho stanovení je většinou provedeno experimentálně. Uvedený matematický vztah (1.0) je znám jako **Lambertův-Beerův zákon**.

Více teoretických informací naleznete v úloze „Stanovení koncentrace látky v roztoku“.

V této úloze se zaměříme na aplikaci nabytých znalostí a dovedností z výše uvedené úlohy („Stanovení koncentrace látky v roztoku“) při řešení konkrétního „výzkumného“ úkolu. Naším cílem bude potvrzení či vyvrácení tvrzení výrobců pracích a čistících prostředků, že právě jejich prostředek je tzv. „bez fosfátový“ (phosphate free). Použitá metoda je velice citlivá, a tak je nezbytné pracovat s nádobím, které je velice pečlivě umyto a vymyto destilovanou vodou. Ideální je použít jednorázové plastové nádoby, což opravdu doporučujeme. Zajistíte si tak nezkrášené výsledky, které budou mít skutečnou vypovídací hodnotu.

Použitá metoda stanovení fosforečnanů vychází z metody publikované v práci „Ames, B. N. (1966) Assay of Inorganic Phosphate, Total Phosphate and Phosphatases. In: Methods in Enzymology, Vol. VIII: Complex Carbohydrates. E. Neufeld and V. Ginsburg, eds. (Academic Press, New York, NY), pp. 115–118.“

Chemikálie

- **Kyselina askorbová** $C_6H_8O_6$

Souhrn:

Nepříznivé účinky na zdraví člověka nejsou známy.

- **Heptamolybdenan amonný** $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$

R 36/37/38–52/53

S 26–36–61

Souhrn:

Dráždí oči, dýchací orgány a kůži. Škodlivý pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí (zabraňte úniku do kanalizace a spodních vod).

Při zdravotních potížích a v případě pochybností ohledně požití vyhledejte lékařskou pomoc.

Nebezpečnost: X_i

- **dihydrogenfosforečnan sodný** NaH_2PO_4

Souhrn:

Látka není považována za nebezpečnou. Protože se fosforečnany podílí na eutrofizaci vod, zabraňte úniku do kanalizace.

- **kyselina sírová** H_2SO_4

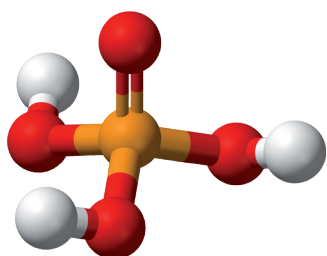
R 35

S 26–30–45

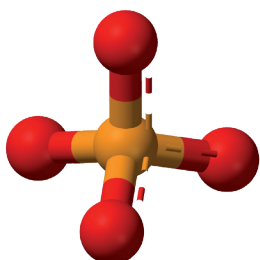
Souhrn:

Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. K tomuto výrobku nikdy nepřidávejte vodu. V případě úrazu nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomocí.

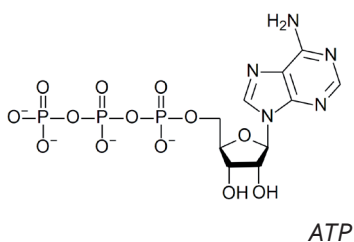
Nebezpečnost: C



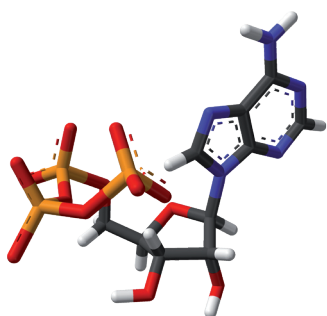
kyselina trihydrogenfosforečná



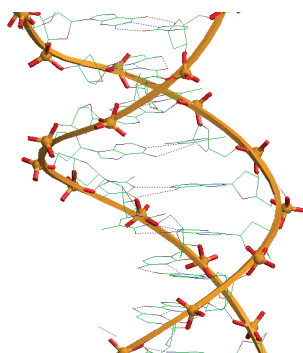
fosforečnanový aniont



ATP



3D model ATP



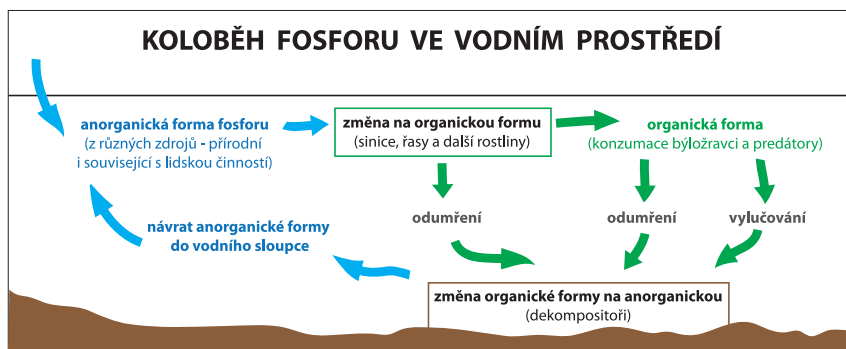
3D model dvoušroubovice DNA

Obrázek 1

Sloučeniny fosforu jsou pro živé organizmy velice důležité. Jde především o ionty odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné – fosforečnanové a hydrogenfosforečnanové anionty. Ty jsou základní stavební součástí DNA a RNA, dále se podílí na stavbě kostí a zubů, hrají také nezastupitelnou roli při vnitrobuněčném přenosu signálu – aktivaci a deaktivaci určitých enzymů. V neposlední řadě jsou fosforečnanové ionty vázány v ATP (adenosintrisfosfátu), což je základní forma využitelné „chemické“ energie v buňce. Buňka si v této formě skladuje energii získanou při odbourávání složitých látek typu sacharidů, lipidů či proteinů – tzv. katabolismus. Naopak při syntéze těchto látek – tzv. anabolismu – energii z ATP buňka využije. Také stahy svalů jsou možné díky využití energie, která je obsažena v ATP. A mohli bychom ve výčtu ještě dlouho pokračovat.

Fosforečnany hrají také důležitou roli v souvislosti s minerální výživou rostlin. Jsou totiž pro rostliny společně s dusičnany a draselnými (popř. vápenatými) solemi jedněmi ze základních rostlinných minerálních živin. Tím pádem jsou fosforečnany základní součástí různých „umělých“ hnojivových směsí používaných v zemědělství – např. granuláty jako NPK, Cererit (NPKMg) a další. Dalším místem, kde můžeme fosforečnany (polyfosforečnany) potkat jsou různé mycí, prací a čistící prostředky. Tam působí jednak jako tzv. změkčovadla vody (odstraní vápenaté a hořečnaté ionty z vody, čímž umožní podstatně lepší působení detergentů), ale také mírně posunují pH do zásadité oblasti, čímž je zase umožněno třeba lepší mytí nádobí (různých zbytků jídel). V dnešní době je celá řada prostředků, které jsou tzv. „bez fosfátů“. Jejich působení je nahrazeno celou řadou látek, mimo jiné např. enzymy a zeolity. U některých těchto látek se ovšem časem ukázalo, že jsou z hlediska životního prostředí a člověka také problematické – vyvolávají u některých lidí alergické reakce, mohou působit jako analogy některých hormonů, vyvolávají sterilitu u obojživelníků, atd.

A proč je nadbytek fosforečnanů v našem životním prostředí tak problematický? Jedná se především o jev nazývaný **eutrofizace**.



Obrázek 2

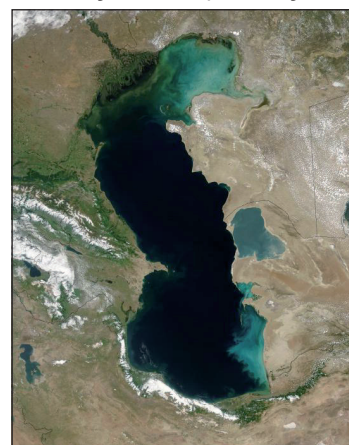
Eutrofizace je soubor přírodních a uměle vyvolaných procesů vedoucích ke zvyšování obsahu anorganických živin vod. Eutrofizace je přírodní děj, který v důsledku lidské činnosti přesáhl přirozené meze. Přírodní eutrofizace je způsobena uvolňováním sloučenin dusíku a fosforu, případně silikátů, z půdy, sedimentů a odumřelých vodních organismů. Umělá eutrofizace je způsobena intenzivní zemědělskou výrobou, některými druhy průmyslových odpadních vod, používáním fosforečnanů v pracích, čistících a mycích prostředcích a zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod a odpadů fekálního charakteru. Základním projevem eutrofizace je vznik masivního vodního květu, který produkuje často i toxické látky. Následuje celá řada komplexních jevů, které souvisí s kyslíkovým režimem vodního ekosystému. Výsledkem je odumírání určitých typů organismů a tím pádem celková změna ekosystému. Jeden z dobře známých scénářů vede až k hromadnému vymírání většiny vodních organismů a vzniku zapáchající „mrtvé“ vody.

Eutrofizace – komplexní změna ekosystému

Nastává obvykle v letních měsících, kdy je dostatek tepla a slunečního světla. Nadměrný nárůst fytoplanktonu způsobuje problémy vyšším rostlinám a zapříčiňuje jejich úbytek. Jedním z důsledků je pak i snížená samočistící schopnost řek a jezer. Řasy a sinice, jež se shromažďují u hladiny, vytvářejí bariéru slunečním paprskům, které se nedostanou k organismům ve větší hloubce. Velká koncentrace fytoplanktonu způsobuje úbytek citlivějších organismů, jejichž místo pak zaujímají výhradně organismy odolnější, které se v důsledku malého množství přirozených více citlivých konzumentů a predátorů přemnožují a způsobují další, mnohdy nevratné, změny v ekosystéměch. Odolná makrofyta pak například

rychlým a nelimitovaným růstem způsobují zarůstání toků či snižují retenční kapacitu nádrží. Bentické řasy nadměrnou produkcí biomasy snižují poréznost dnových sedimentů či např. štěrkových loží filtračních nádrží. Eutrofní vody jsou vysoce produktivní avšak podmínky v nich svědčí jen úzké škále organismů. Takže čím více narůstá produktivita či biomasa, tím klesá biodiverzita. Zejména řasy a sinice jsou bezprostředně závislé na přísunu anorganických nutrientů a za určitých podmínek mohou v populaci převážit potenciálně nebezpečné druhy. Dalším negativním faktorem zvýšeného výskytu řas a sinic je narušení kyslíkového režimu. Při hladině se fotosyntetickou činností vytvářejí podmínky přesycené kyslíkem a narůstá

Obrázek 3
Eutrofizace Kaspického jezera



 **Slovníček pojmů**

SPEKTROFOTOMETRIE

ABSORBANCE

FOSFOREČNANY

ATP

EUTROFIZACE

Viz pracovní list (učitel).

 **Přehled pomůcek**

- počítač s USB portem
- PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer
- PASPORT spektrofotometrické čidlo (v originálu Colorimetric sensor)
- software DataStudio
- destilovaná voda
- kyselina askorbová $C_6H_8O_6$
- $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$
- NaH_2PO_4 ($c = 0,1 \text{ mol/l}$)
- H_2SO_4 (98%)
- zkumavky (14 ks), střední
- odměrná baňka 100 ml (1 ks)
- pipety s balónekem (3 ks), 1 ml, 5 ml, 10 ml
- popisovač zkumavek (lihový fix)
- stojánek na zkumavky
- pracovní návod
- pracovní list
- ochranné pracovní pomůcky

pH. Během dne sice autotrofní fytoplankton kyslík produkuje, v nočních hodinách však v důsledku jeho respirační aktivity dochází k úbytku rozpuštěného kyslíku. Ve vodě pak zejména v ranních hodinách vzniká anoxické prostředí nepříjemné pro ostatní organizmy. V mořích a oceánech jsou anoxickými podmínkami postiženy přisedle žijící organizmy. Ryby, nepodařilo se jim tyto tzv. „dead zones“ v mořích opustit, rovněž hynou. K dalšímu úbytku kyslíku dochází mikrobiálním rozkladem velkého množství odumřelých sinic a řas. Po úhynu řas a sinic jejich biomasa klesne ke dnu. Zde pak vlivem činnosti bakterií rozkládajících řasovou hmotu dochází k úbytku rozpuštěného kyslíku a opět vznikají anoxické zóny, na což jsou citlivé zejména některé bentické organizmy.

Zvýšený obsah fosforečnanů působí komplikace vodárnám, protože zhoršuje upravitelnost vody. To je závažný problém zejména v našich podmínkách, kdy je zhruba 60% zdrojů pitné vody získáváno z povrchových zdrojů. Fosforečnany se významně sorbují na dnových sedimentech. Za určitých podmínek může dojít k jejich uvolňování, což následně vede opět ke zvýšené koncentraci fosforečnanů ve vodách. Následkem je velká koncentrace řas a sinic ve zdrojích pitné vody způsobující problémy vodárenským provozům. Dochází zde k ucívání filtrů, zhoršení organoleptických vlastností upravené vody, vzniku sekundárního mikrobiálního zne-

čištění při rozkladu organismů v rozvodné síti či k uvolňování hygienicky nepřijatelných látek do vody.

Mnohé druhy sinic produkují celou řadu toxických látek. Při jejich vyšší koncentraci se mohou u koupajících se osob, zvláště u dětí a citlivějších jedinců, projevit kožní vyrážky, otoky a záněty očních spojivek. Sleduje se toxické a karcinogenní působení toxinů produkovaných řasami a zejména sinicemi. V poslední době se zkoumá i alergenní působení různých druhů řas, tvořících v přírodních vodách hromadné populace. Zatím byl prokázán vliv přítomnosti částic uschlého vodního květu ve vzduchu v okolí rybníků na zvýšený výskyt průduškového astmatu u místních obyvatel (a rybářů). Nadměrný nárůst řas rovněž brání rozvoji dalších vodních živočichů. Kromě chronických účinků jsou v poslední době zaznamenávány i případy akutní intoxikace.

Podle množství „fosforu“ obsaženého ve vodách lze rozlišit vody:

oligotrofní c („P“) < 10 mg/l
 oligo-mesotrofní c („P“) 10–20 mg/l
 mesotrofní c („P“) 20–50 mg/l
 eutrofní c („P“) 50–100 mg/l
 hypertrofní c („P“) > 100 mg/l

(Převzato z: Kočí, V., Burkhard, J., Maršálek, B.: *Eutrofizace na přelomu tisíciletí. Eutrofizace 2000*, 10. 10. 2000, Praha)

Motivace studentů

Podle tématu, do kterého jsme cvičení zařadili je vhodné volit i úvodní motivační část. Jednou z možností je začít aktuálním ekologickým tématem eutrofizace. Vhodné je propojení se zeměpisem, v rámci kterého si studenti vyhledají družicové snímky velkých vodních ploch (např. s využitím Google maps). Vhodným kandidátem je Kaspické jezero (viz foto v úvodní části).

Navázat můžeme otázkou, jak vypadají vodní nádrže, které studenti znají, a s čím jejich stav asi souvisí. Na Vysočině je vhodným kandidátem např. vodní nádrž Vír, stejně jako celá řada dalších nádrží po celé republice. Tím plynule přejdeme k chemické podstatě eutrofizace a diskusi k problémům, které tento jev přináší.

Doporučený postup

1. Každá pracovní skupina obdrží „pracovní návod“ a každý student dostane „pracovní list“. Studenti si nejprve přečtou návod a teprve pak začnou s přípravou vlastního experimentu.
2. Dopoučujeme, aby každý člen pracovní skupiny dostal svůj specifický úkol. Pro tříčlennou skupinu například:
 - *student 1* – vedoucí týmu – ručí za to, že skupina bude při práci postupovat podle pracovního návodu, koordinuje vyplňování pracovních listů a vyplněné pracovní listy vybírá (každý student si vyplní svůj pracovní list), připravuje neznámé vzorky mycích prostředků ke spektrofotometrickému měření,
 - *student 2* – odměřuje/navazuje potřebná množství chemikálií, připravuje kalibrační roztoky,
 - *student 3* – zodpovídá za přípravu systému PASCO k měření absorbance (spuštění PC a SW DataStudio, kontrola připojení odpovídajícího čidla, ověření funkčnosti, ...), provádí odečet naměřených hodnot.
3. Připojte zařízení přes USB rozhraní k počítači (viz obrázek 4).



Obrázek 4

4. Vyberte odpovídající soubor DataStudia (**12_spektrofotometrie-fosforecnany.ds**) a pokračujte podle postupu uvedeného v „pracovním návodu“.

Příprava úlohy

Nechte studenty vyplnit (za domácí úkol nebo, pokud máme dvouhodinové praktikum, na začátku práce) slovníček a přípravnou část úlohy v „pracovním listu“. Je nezbytné, aby studenti tyto části vypracovali před vlastní experimentální činností.

Zjistěte, jak studenti přípravnou část úlohy vypracovali.

Tip 2

Pokud chcete se studenty prokázat přítomnost většího množství fosforečnanů, je vhodné zařadit mezi vzorky některý z klasických pracích prášků. Počítejte ale s tím, že při přípravě vzorku budete muset vycházet z mnohonásobně většího ředění.

Tip 3

Pro určení vhodného ředění konkrétních mycích prostředků je dobré do několika zkumavek připravit směs detekčních roztoků A + B (viz pracovní postup) a následně vhodit pár zrněk (nebo přidat několik kapek mycího prostředku). Pokud dojde během chvilky ke změně barvy v temně modrou (často absolutně neprůhlednou), obsahuje prostředek značné množství fosforečnanů. Takovýto prostředek budete muset mnohonásobně ředit. Sdělte studentům modifikaci ředění u jednotlivých neznámých vzorků (viz „pracovní návod“).

 Tip 4

V případě, že se jedná o studenty nižších ročníků je vhodné připravit předem nejen roztoky A a B potřebné ke stanovení fosforečnanů, ale přímo jejich směs (viz pracovní postup). Tím pádem se studenti mohou soustředit v prvním kroku pouze na změření absorbance kalibračních roztoků a sestavení kalibrační přímky.

Pro urychlení případá v úvahu i varianta, kdy studentům již připravíte hotovou kalibrační přímku a studenti sami se budou věnovat stanovení koncentrace fosforečnanů v různých předložených vzorcích.

 Tip 5

Protože je metoda velice citlivá, musíme mít při všech úkonech stále zařazen kontrolní „slepý vzorek“ (blank), jedině tak si můžeme být jisti, že jsme do vašeho stanovení nedostali fosforečnany i jinou cestou, než z analyzovaného mycího prostředku.

Materiály pro studenty

„Pracovní návod“ postupně provede studenty („krok za krokem“) celou úlohou.

„Pracovní list“ slouží studentům k zaznamenání získaných dat, jejich analýze a pochopení.

Záznam dat

Postup při zaznamenávání dat je popsán v „pracovním listu“. Upozorněte studenty na to, že před vlastním započítáním měření je třeba úloze opravdu porozumět.

Analýza dat

Naměřená data použijí studenti ke zodpovězení otázek v „pracovním listu“.

Upozorněte studenty na souhrnné otázky. V učitelské verzi pracovního listu jsou uvedeny typické odpovědi studentů.

Syntéza a závěr

Po skončení experimentální činnosti shrneme získané poznatky o obsahu fosforečnanů ve stanovovaných vzorcích.

I bez použití spektrofotometru bylo většinou ihned vidět, díky zmodrání reakční směsi, zda vzorek fosforečnany obsahuje či ne. K seriózní kvantifikaci ovšem již potřebujeme spektrofotometr.

Výsledky mohou být často překvapivé. Ve většině případech totiž i v bezfosfátových přípravcích nějaké fosfáty zdetekujeme. V podkladech k této úloze neuvádíme ve výsledcích konkrétní přípravky, které byly použity, protože jejich složení se může průběžně měnit.

Na závěr můžeme nechat studenty sestavit žebříček mycích prostředků, s patřičným odůvodněním, tak, jak by je používali v domácnosti.

Hodnocení

(Viz dříve uvedené cíle.)

- Sestavili a použili studenti laboratorní zařízení správně?
- Postupovali korektně podle pracovního postupu?
- Pochopili studenti princip spektrofotometrického stanovení koncentrace?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Stanovili studenti obsah fosforečnanů správně?
- Jsou studenti schopni zdůvodnit případné rozpory mezi teoretickým a skutečným výsledkem?

Internetové odkazy

Koloběh fosforu

http://en.wikipedia.org/wiki/Phosphorus_cycle

Fosforečnany

<http://en.wikipedia.org/wiki/Phosphate>

Adenosintrisfosfát (ATP)

http://en.wikipedia.org/wiki/Adenosine_triphosphate

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Adenosin trifosfát>

Eutrofizace

<http://en.wikipedia.org/wiki/Eutrophication>

<http://www.rmbel.info/Reports/Static/eutrophication.aspx>

Trofická stádia jezer

<http://www.rmbel.info/Reports/Static/trophicstates.aspx>



Pasco zdroje

Na stránkách www.pasco.com a www.pasco.cz naleznete řadu dalších zdrojů.



CHEMIE

12
• CHEMIE

laboratorní cvičení č. 12

Stanovení obsahu fosforečnanů (návod)

Zadání úlohy

Experimentálně ověřte obsah fosforečnanů ve třech vybraných mycích (pracích, čistících) prostředcích. Zařadte jak prostředky bezfosfátové (s označením „phosphate free“), tak i prostředky bez tohoto označení.

Pomůcky

- počítač s USB portem
- PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer
- PASPORT spektrofotometrické čidlo (v originálu Colorimetric sensor)
- software DataStudio
- destilovaná voda
- kyselina askorbová $C_6H_8O_6$
- $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$
- NaH_2PO_4 ($c = 0,1$ mol/l)
- H_2SO_4 (98%)
- zkumavky (14 ks), střední
- odměrná baňka 100 ml (1 ks)
- pipety s balónkem (3 ks), 1 ml, 5 ml, 10 ml
- popisovač zkumavek (lihový fix)
- stojánek na zkumavky
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

PRACOVNÍ NÁVOD



Bezpečnost práce

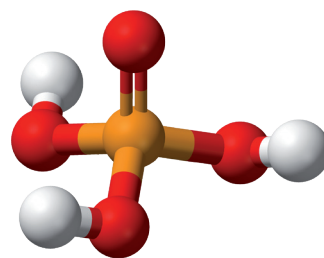
Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. Většina chemikálií v tomto praktickém cvičení je zdraví škodlivá. Dbejte zvýšené opatrnosti a s chemikáliemi zacházejte vždy dle instrukcí pedagoga. Nikdy nepipetujte ústy (vždy používejte balónek). V laboratoři používejte ochranné brýle, plášť a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

Teoretický úvod

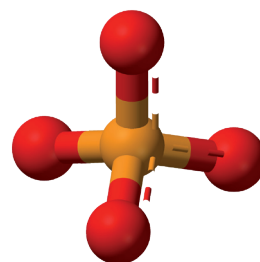
Sloučeniny fosforu jsou pro živé organizmy velice důležité. Jde především o ionty odvozené od kyseliny trihydrogenfosforečné – fosforečnanové a hydrogenfosforečnanové anionty. Ty jsou základní stavební součástí DNA a RNA, dále se podílí na stavbě kostí a zubů, harají také nezastupitelnou roli při vnitrobuněčném přenosu signálu – aktivaci a deaktivaci určitých enzymů. V neposlední řadě jsou fosforečnanové ionty vázány v ATP (adenosintrisfosfát), což je základní forma využitelné „chemické“ energie v buňce. Buňka si v této formě skladuje energii získanou při odbourávání složitých látek typu sacharidů, lipidů či proteinů – tzv. katabolismus. Naopak při syntéze těchto látek – tzv. anabolismu – energii z ATP buňka využije. Také stahy svalů jsou možné díky využití energie, která je obsažena v ATP. A mohli bychom ve výčtu ještě dlouho pokračovat.

Fosforečnany hrají také důležitou roli v souvislosti s minerální výživou rostlin. Jsou totiž pro rostliny společně s dusičnany a draselnými (popř. vápenatými a hořečnatými) solemi jedněmi ze základních minerálních živin. Tím pádem jsou fosforečnany základní součástí různých „umělých“ hnojivových směsí používaných v zemědělství – např. granuláty jako NPK, Cererit (NPKMg) a další.

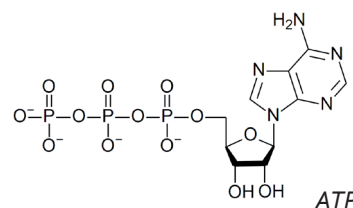
Dalším místem, kde můžeme fosforečnany (polyfosforečnany) potkat jsou různé mycí, prací a čistící prostředky. Tam působí jednak jako tzv. změkčovadla vody (odstraní vápenaté a hořečnaté ionty z vody, čímž umožní podstatně lepší působení detergentů), ale také mírně posunují pH do zásadité oblasti, čímž je zase umožněno třeba lepší mytí nádobí (různých zbytků jídel). V dnešní době je celá řada prostředků, které jsou tzv. „bez fosfátů“. Jejich půso-



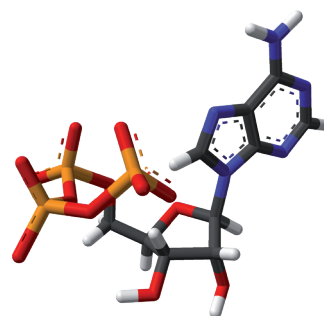
kyselina trihydrogenfosforečná



fosforečnanový anion



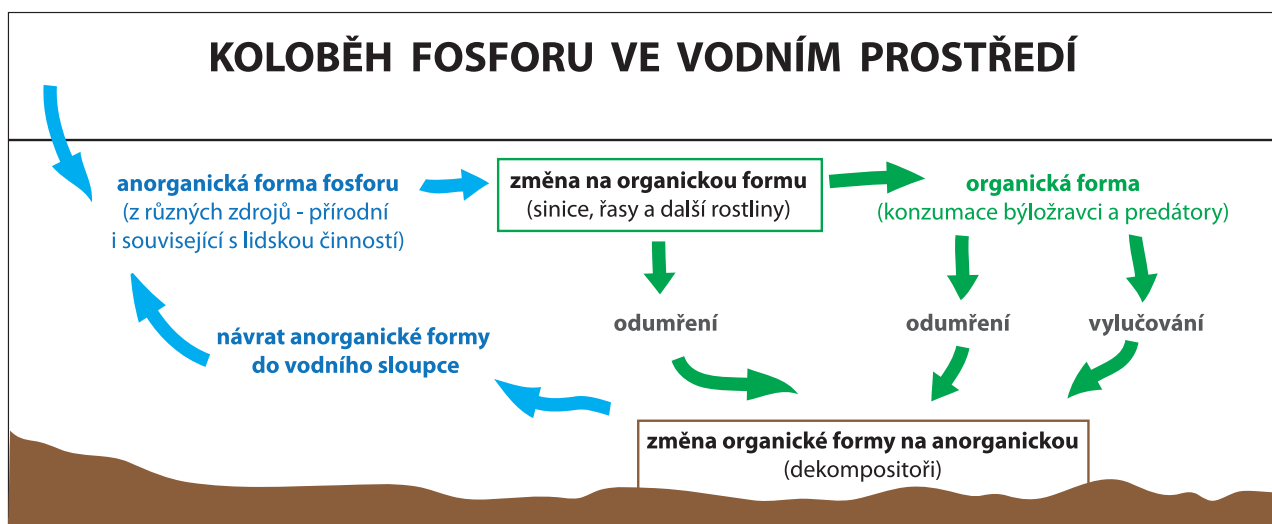
ATP



3D model ATP
Obrázek 1

bení je nahrazeno celou řadou látek, mimo jiné např. enzymy a zeolity (látky na bázi hlinito-křemičitanů). U některých těchto látek se ovšem časem ukázalo, že jsou z hlediska životního prostředí a člověka také problematické – vyvolávají u některých lidí alergické reakce, mohou působit jako analogy některých hormonů, vyvolávají sterilitu u obojživelníků, atd.

A proč je nadbytek fosforečnanů v našem životním prostředí tak problematický? Jedná se o jev nazývaný **EUTROFIZACE**.



Obrázek 2

Eutrofizace je soubor přírodních a uměle vyvolaných procesů vedoucích ke zvyšování obsahu anorganických živin vod. Eutrofizace je přírodní děj, který v důsledku lidské činnosti přesáhl přirozené meze. Přírodní eutrofizace je způsobena uvolňováním sloučenin dusíku a fosforu, případně silikátů, z půdy, sedimentů a odumřelých vodních organismů. Umělá eutrofizace je způsobena intenzivní zemědělskou výrobou, některými druhy průmyslových odpadních vod, používáním fosforečnanů v pracích, čistících a mycích prostředcích a zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod a odpadů fekálního charakteru. Základním projevem eutrofizace je vznik masivního vodního květu, který produkuje často také toxické látky. Následuje celá řada komplexních jevů, které souvisí s kyslíkovým režimem vodního ekosystému. Výsledkem je odumírání určitých typů organismů a tím pádem celková změna ekosystému. Jeden z dobře známých scénářů vede až k hromadnému vymírání většiny vodních organismů a vzniku zapáchající „mrtvé“ vody.



Obrázek 3 – Eutrofizace Kaspického jezera

Podle množství „fosforu“ obsaženého ve vodách lze rozlišit vody:

- oligotrofní c (PO_4^{3-}) < 10 mg/l
- oligo-mesotrofní c (PO_4^{3-}) 10–20 mg/l
- mesotrofní c (PO_4^{3-}) 20–50 mg/l
- eutrofní c (PO_4^{3-}) 50–100 mg/l
- hypertrofní c (PO_4^{3-}) > 100 mg/l

(Převzato z: Kočí, V., Burkhard, J., Maršálek, B.: *Eutrofizace na přelomu tisíciletí. Eutrofizace 2000*, 10. 10. 2000, Praha)

Jak budeme obsah fosforečnanů sledovat? Použitá kolorimetrická metoda je založena na **Lambertově-Beerově zákoně**, který definuje vztah mezi absorpcí světla a vlastnostmi určité látky, kterou světlo prochází. Tato závislost je vyjádřena matematicky následujícím vztahem:

$$A_\lambda = E_\lambda \cdot l \cdot c_M \quad (1.0)$$

kde A_λ je absorbance světla, E_λ absorpční koeficient dané látky, l je dráha světla uražená v roztoku (délka dráhy), c_M je molární koncentrace látky v roztoku.

Více teoretických informací naleznete v úloze „Stanovení koncentrace látky v roztoku“, na kterou tato úloha navazuje.

Protože fosforečnany nejsou samy o sobě barevné, musíme je nechat zreagovat s určitou látkou tak, abychom dostali barevný produkt. K tomu použijeme roztok obsahující kyselinu askorbovou a molybdenanové anionty v silně kyselém prostředí. Výsledkem reakce s fosforečnany je fosfomolybdenanový komplex, který je po redukci kyselinou askorbovou zbarven modře. Absorbanci takto zbarveného roztoku budeme měřit při 660 nm.

Použitá metoda je velice citlivá, a tak je nezbytné pracovat s nádobím, které je velice pečlivě umyto a vymyto destilovanou vodou.

- ▶ ***V následujícím praktickém cvičení se pokusíme experimentálně ověřit obsah fosforečnanů ve třech vybraných mycích (pracích, čisticích) prostředcích.***

Příprava úlohy (praktická příprava)

Postup práce

Nejprve zpracujte slovníček a teoretickou přípravu na „pracovním listě“ a teprve potom začněte pracovat v laboratoři.

Nastavení HW a SW

1. Připojte spektrofotometrické čidlo (Pasco Colorimeter) přes USB rozhraní (PASSPORT USB interface nebo Xplorer) k počítači. Tím se automaticky otevře konfigurační dialog.



2. Vyberte a otevřete odpovídající konfigurační soubor DataStudia

12_spektrofotometrie_fosforecnany.ds

***Poznámka:** Konfigurační soubory automaticky otevřou potřebná okna a nastaví výchozí parametry. V této úloze budete měřit pouze pomocí spektrofotometrického čidla při vlnové délce 660 nm.*

Příprava měření

1. Před započítím práce si přečtete celý „pracovní návod“.
2. Příprava roztoků:
 - I. Roztoky pro stanovení fosforečnanů (roztok A + B):
 - a) **Roztok A** (pokud již není připravený) je **10% roztok kyseliny askorbové** v destilované vodě. Tento roztok je stálý několik měsíců.
 - b) **Roztok B** (pokud již není připravený) je **0,42% roztok heptamolybdenanu amonného v 0,5 M kyselině sírové**. Tento roztok připravíme tak, že rozpustíme 4,2 g heptamolybdenanu amonného (je možné použít adekvátní množství molybdenanu) v 26,5 ml H_2SO_4 (94–96%) a doplníme destilovanou vodou do 1 l.
 - c) **Roztok používaný k detekci fosforečnanů** připravíme vždy čerstvým smísením **6 objemových dílů roztoku B a jednoho dílu roztoku A** (B:A = 6:1). Pro naše potřeby pěti kalibračních bodů a následných tří neznámých vzorků budeme potřebovat roztok na 8 stanovení (a nějakou rezervu navíc), tj. smísíme 5 ml roztoku A a 30 ml roztoku B. Protože je ale vhodné provést měření každého vzorku nejméně dvakrát, připravíme si dvojnásobné či trojnásobné množství detekčního roztoku (upřesní pedagog).

II. Kalibrační roztoky:

- Odměřte přesně 1 ml 0,1 M roztoku NaH_2PO_4 ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) do odměrné baňky (100 ml) a doplňte destilovanou vodou po rysku.
- Označte pět suchých čistých zkumavek čísly (1–5) a umístěte je do stojánku na zkumavky.
- Postupně napipetujte první pipetou 0,1; 1; 4; 7; 10 ml naředěného roztoku NaH_2PO_4 do zkumavek označených čísly 1–5.
- Následně přidáme destilovanou vodu tak, aby byl výsledný objem ve všech zkumavkách 10 ml (do poslední tedy již nic nepřidáváme).
- Ředění je znázorněno v následující tabulce:

Zkumavka	Výsledná koncentrace [mol/l]	Ředění výchozího roztoku (x)	Výchozí roztok [ml]	Voda [ml]
1	0,00001	100	0,1	9,9
2	0,00010	10	1	9
3	0,00040	2,5	4	6
4	0,00070	1,428	7	3
5	0,00100	původní zředěný r.	10	0

III. Neznámé vzorky:

- Ze zvoleného mycího prostředku odeberte 1 ml (v případě práškového prostředku navažte 1 g)
- K odebranému množství přidejte 9 ml destilované vody (tak dostaneme roztok o výsledném objemu přibližně 10 ml, případně můžeme roztok připravit v 10 ml odměrné baňce). Pro následné výpočty budeme počítat s desetinásobným zředěním původního prostředku.
- Každý prostředek je jiný, proto je třeba nejdříve vyzkoušet ředění tak, abychom se dostali při měření absorpance do rozsahu naší kalibrační přímky. Zeptejte se vašeho pedagoga, zda nemáte použít u vašich testovaných prostředků jiného ředění.
- Tímto způsobem připravte 3 vzorky zůzných prostředků a označte je jako VZ1, VZ2 a VZ3.

3. Stanovení obsahu fosforečnanů – příprava vlastní zkoušky:

- Označte devět suchých čistých zkumavek čísly (1'–9') a umístěte je do stojánku na zkumavky.
- Postupně napipetujte první pipetou do všech zkumavek 3,5 ml roztoku k detekci fosforečnanů (viz příprava roztoků – roztok A + B). Roztok nesmí být modrý!

- c) Následně přidejte do prvních pěti zkumavek připravené kalibrační roztoky 1–5. Do následujících tří zkumavek připravené neznámé vzorky a do poslední destilovanou vodu. Přidáváme vždy 1,5 ml.
- d) Postup je znázorněn v následující tabulce:

Zkumavka	Roztok A+B	Stanovovaný vzorek	Účel
1'	3,5 ml	1,5 ml kal. roztoku NaH_2PO_4 1	Kalibrační p.
2'	3,5 ml	1,5 ml kal. roztoku NaH_2PO_4 2	Kalibrační p.
3'	3,5 ml	1,5 ml kal. roztoku NaH_2PO_4 3	Kalibrační p.
4'	3,5 ml	1,5 ml kal. roztoku NaH_2PO_4 4	Kalibrační p.
5'	3,5 ml	1,5 ml kal. roztoku NaH_2PO_4 5	Kalibrační p.
6'	3,5 ml	1,5 ml roztoku VZ1	Neznámý vz.
7'	3,5 ml	1,5 ml roztoku VZ2	Neznámý vz.
8'	3,5 ml	1,5 ml roztoku VZ3	Neznámý vz.
9'	3,5 ml	1,5 ml destilované vody	Kontrolní vz.

- e) Vyčkejte 15 minut při pokojové teplotě a poté změřte absorbance roztoků ve zkumavkách 1'–8'. Jako první proveďte kalibraci spektrofotometru uvedenou v následujícím bodě.

(Rychlejší variantou je vložit zkumavky na 2 minuty do vodní lázně s teplotou 80 °C.)









4. Kalibrace spektrofotometru

- I. Naplňte kyvetu kontrolním roztokem (kontrolní „slepý“ vzorek 9') a pevně ji uzavřete víčkem.
- II. Kyvetu pečlivě otřete buničinou (popř. měkkým papírovým ubrouskem), abyste odstranili všechny nečistoty (otisky prstů, atd.).
- III. Otevřete víko spektrofotometru, vložte kyvetu a víko dobře zavřete (až zacvakne).
- IV. Stiskněte kalibrační tlačítko na spektrofotometru. Probíhající kalibrace je signalizována rozsvícením LED (svítící dioda) v kalibračním tlačítku.
- V. Počkejte, dokud LED nezhasne. Pak otevřete víko a vyjměte kyvetu. Úvodní nastavení spektrofotometru je hotovo – můžete měřit vaše vzorky.

Vlastní měření (záznam dat)

Kyvetu před měřením vždy dobře vypláchněte destilovanou vodou a následně dvakrát asi 1 ml roztoku, který se chystáte měřit. Při měření kalibračních roztoků je třeba postupovat od nejmenších koncentrací fosforečnanů po ty největší. Dbejte na to, aby bylo dobře zavřeno víko spektrofotometru (musí zacvaknout).

Poznámka: S kyvetou prudce netřepte, aby se v ní neutvořily bublinky.



1. Vložte kyvetu s vzorkem ze zkumavky označené 1'.
2. Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko **Start** ( Start).
 - Tlačítko **Start** ( Start) se změní na tlačítko **Keep** ( Keep). V prvním řádku tabulky absorbance a koncentrace se zobrazí první hodnota koncentrace (0,00001 mol/l) a odpovídající hodnota absorbance. Na číslcovém displeji se zobrazí změřená absorbance.
3. Kliknutím na tlačítko **Keep** ( Keep) zaznamenejte hodnotu absorbance prvního vzorku.
4. Otevřete víko kolorimetru a vyjměte kyvetu. Vylijte roztok z kyvety (do nádoby na odpad podle instrukcí vašeho pedagoga). Kyvetu vypláchněte a pokračujte dalším vzorkem.
5. Po změření absorbance obsahu prvních pěti zkumavek klikněte na tlačítko **Stop** ( Stop) – z těchto hodnot sestrojíte následně kalibrační přímkou.
6. Do spektrofotometru umístíme kyvetu se vzorkem ze zkumavky 6' (neznámý vzorek VZ1)
7. Klikněte na volbu **Experiment** ( Experiment) a zvolte možnost **Monitor Data** ( Monitor Data). Sledujte hodnotu absorbance na číslcovém displeji. Jakmile se hodnota ustálí, zaznamenejte ji do pracovního listu. Zaznamenávání dat ukončete kliknutím na tlačítko **Stop** ( Stop).
8. Takto proměřte všechny tři neznámé vzorky (zkumavky 6', 7' a 8').
9. Je vhodné celé měření ještě jednou až dvakrát zopakovat.

Analýza naměřených dat

Naměřené hodnoty absorbancí si přepište do tabulky svého „pracovního listu“.

Sestrojte kalibrační křivku (více informací naleznete v úloze „Stanovení koncentrace látky v roztoku“, na kterou tato úloha navazuje).

1. Pomocí kalibrační křivky určete koncentraci neznámého roztoku.

Tip: Klikněte na tlačítko funkce **Smart Tool** (). Ujistěte kurzor  do kalibračního grafu tak, aby hodnota na ose **y** odpovídala naměřené absorbanci neznámého vzorku a odečtěte neznámou koncentraci na ose **x**.
2. Zaznamenejte zjištěnou hodnotu koncentrace do „pracovního listu“ (tabulka s výsledky).
3. Své výsledky v **DataStudios** uložte (nabídka **File** → **Save Activity As...**) na místo, které máte vyhrazeno k ukládání svých souborů.
4. Odpovězte na otázky v „pracovním listu“.
5. Dle instrukcí učitele uklidte své pracovní místo

CHEMIE

12
• CHEMIE

laboratorní cvičení č. 12

Stanovení obsahu fosforečnanů pracovní list (učitel)

Slovníček pojmů

S využitím dostupných zdrojů vysvětlíte následující pojmy:



Spektrofotometrie:

Metoda sloužící ke stanovení určitých vlastností vzorku, např. koncentrace látky v roztoku, na základě pohlcování světla určité vlnové délky.

Absorbance:

Veličina vyjadřující množství světla, pohlceného roztokem určité látky. Značí se velkým A a je definována v Lambertově-Beerově zákoně.

Fosforečnany:

Fosforečnany jsou soli kyseliny trihydrogenfosforečné. V přírodě se vyskytují v řadě minerálů a jsou také velice důležité pro živé organismy. Podílí se také na eutrofizaci, především v souvislosti s lidskou činností (více viz Teoretický úvod).

ATP:

Adenosintrisfosfát (ATP), je chemická látka, která se skládá z adenosinu a tří fosfátů. ATP je základní forma využitelné „chemické“ energie v buňce. Energie je uchovávána ve formě tzv. makroergických vazeb.

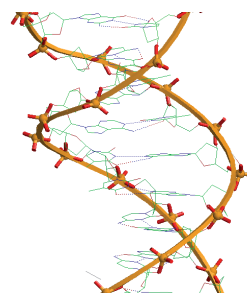
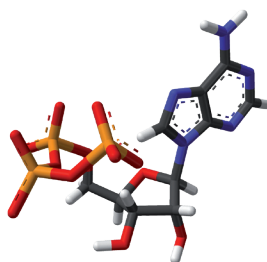
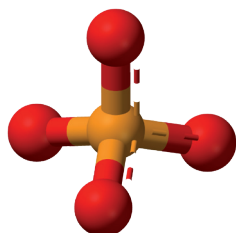
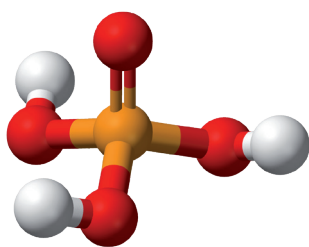
Eutrofizace:

Eutrofizace je soubor přírodních a uměle vyvolaných procesů vedoucích ke zvyšová-

ní obsahu anorganických živin ve vodách. Eutrofizace je přírodní děj, který v důsledku lidské činnosti přesáhl přirozené meze. Podílí se tak na devastaci vodních ekosystémů a může vést až ke celkovému vymírání vodní flory a fauny. Tento jev způsobuje celou řadu dalších problémů, které nemusí být na první pohled zřejmé – např. problém s následným čištěním pitné vody z povrchových zdrojů.

Teoretická příprava úlohy

1. S fosforečnany se můžeme setkat na celé řadě „míst“ v různých „formách“. Doplňte chybějící popisky k jednotlivým obrázkům:



kys. trihydrogen-fosforečná	fosforečnanový aniont	ATP	část DNA
-----------------------------	-----------------------	-----	----------

2. Které dva typy látek se nejvíce podílí na eutrofizaci?

Dusičnany a fosforečnany (jako třetí je možné uvést křemičitany).

3. Proč se fosforečnany přidávají do mycích a pracích prostředků?

Fosforečnany působí jednak jako tzv. změkčovadla vody (odstraní vápenaté a hořečnaté ionty z vody, čímž umožní podstatně lepší působení detergentů), ale také mírně posunují pH do zásadité oblasti, čímž je zase umožněno třeba lepší mytí nádobí (různých zbytků jídel). V dnešní době je celá řada prostředků, které jsou tzv. „bez fosfátů“. Ve skutečnosti však většinou i přesto nějaké malé množství fosforečnanů obsahují.

4. Navrhněte způsoby omezení eutrofizace:

Různé odpovědi. Například:

Zavedení čističek odpadních vod s důrazem na fosforečnany a dusičnany, a to při městských aglomeracích, průmyslových komplexech i zemědělských komplexech (především živočišná výroba).

V zemědělství omezení zbytečného přehnojování, nové formy hnojiv uvolňující látky postupně a dlouhodobě).

Mycí a prací prostředky bez fosfátů, nebo s velice nízkým obsahem těchto látek. A další...

Vizualizace naměřených dat

1. Zakreslete váš kalibrační graf (závislost absorbance na koncentraci pro vaše kalibrační roztoky). V našem případě je zjištěná regresní rovnice $c(\text{PO}_4^{3-}) = 0,427 \cdot A$ pro výsledek v jednotkách mmol/l (více úloha „Stanovení koncentrace látky v roztoku“).
2. Zaneste do tabulky výsledky vašeho měření absorbance pro vzorky mycích a pracích prostředků.

Vyhodnocení naměřených dat

1. Doplňte následující tabulku:

Zkumavka	Vzorek	Absorbance	Koncentrace fosforečnanů [mmol/l]	Hmotnost v 1 litru [mg/l] M(PO_4^{3-}) = 95 g/mol
1'	Kalibrační 1	0,022	0,010	0,950
2'	Kalibrační 2	0,234	0,100	9,500
3'	Kalibrační 3	0,945	0,400	38,000
4'	Kalibrační 4	1,682	0,700	66,500
5'	Kalibrační 5	2,369	1,000	95,000
6'	Vzorek 1	0,136	0,057	5,423
7'	Vzorek 2	0,396	0,167	15,834
8'	Vzorek 3	0,013	0,005	0,500
9'	Kontrola	0,000	0,000	0,000

2. Vypočítejte přibližné množství fosforečnanů v původním vzorku mycího/pracího prostředku (uvažujte PO_4^{3-}).

Výpočet pro původní čistící prostředek:

(v našem případě: VZ1 kapalný mycí prostředek na nádobí, VZ2 pevný mycí prostředek do myčky na nádobí, VZ3 kapalný mycí prostředek na nádobí; vše označeno jako bezfosfátové)

$m(\text{PO}_4^{3-}$ v původním vzorku) = zjištěná koncentrace v mg/l · objem původního roztoku v l

$m(\text{PO}_4^{3-}$ ve VZ1) = 5,423 · 0,01 = 0,05423 mg (v 1 ml prostředku)

$m(\text{PO}_4^{3-}$ ve VZ2) = 15,834 · 0,01 = 0,15834 mg (v 1 g prostředku)

$m(\text{PO}_4^{3-}$ ve VZ3) = 0,5 · 0,01 = 0,005 mg (v 1 ml prostředku)

3. Vypočítejte přibližné množství fosforečnanů v jednom celém „balení“ mycího/pracího prostředku.

Výpočet představuje vynásobení hodnoty spočítané v předchozím bodě celkovým množstvím prostředku v jednom balení (v případě tekutého prostředku na objem, v případě pevného na celkovou hmotnost balení)

$m(\text{PO}_4^{3-} \text{ v balení VZ1}) = 0,05423 \cdot 500 = 27,115 \text{ mg fosforečnanů v lahvi (objem 500 ml)}$

$m(\text{PO}_4^{3-} \text{ v balení VZ2}) = 0,15843 \cdot 600 = 95,058 \text{ mg ve 30 tabletách (1 tableta je 20 g)}$

$m(\text{PO}_4^{3-} \text{ v balení VZ3}) = 0,005 \cdot 500 = 3,75 \text{ mg fosforečnanů v lahvi (objem 750 ml)}$

Závěr

1. Jsou testované prostředky prostředky skutečně bezfosfátové?

Ne, s výjimkou prostředku označeného jako VZ3. (Vzhledem k tomu, že jsme se v tomto případě hodnotou naměřené absorbance dostali pod rozsah naší kalibrační křivky, nemůžeme považovat výsledek za správný. Je tak možné, že obsah fosforečnanů byl v tomto vzorku opravdu nulový.)

2. Který z analyzovaných vzorků obsahoval nejvyšší koncentraci fosforečnanů a který nejnižší?

Největší koncentrace fosforečnanů byla v prostředku označeném jako VZ2, což byl pevný tabletový prostředek určený do myčky nádobí.

Nejnižší koncentrace byla detekována v případě prostředku označeného VZ3. Vzhledem k tomu, že jsme se v tomto případě hodnotou naměřené absorbance dostali pod rozsah naší kalibrační křivky, nemůžeme považovat výsledek za správný. Je tak možné, že obsah fosforečnanů byl v tomto vzorku opravdu nulový.

3. Pokud zakoupíte jedno balení od každého testovaného mycího prostředku, kolik bude obsahovat celkem fosforečnanů? Jsme schopni vytvořit z tohoto balení eutrofní vodný roztok?

V prostředku označeném jako VZ1 bude v balení celkem asi 27 mg fosforečnanů. V balení VZ2 pak asi 95 mg a v balení VZ3 zhruba 4 mg (ale možná také nic – viz bod 1). Pokud budeme uvažovat použití prostředku tak, že z celého balení připravíme 1 l roztoku (což je v praxi nereálné), ani za těchto podmínek se nám nepodaří připravit eutrofní roztok. V reálné praxi prostředek mnohonásobně ředíme, takže skutečná koncentrace v odpadní vodě bude mnohonásobně nižší.

4. Můžeme považovat testované prostředky za šetrné vůči přírodnímu prostředí?

Množství fosforečnanů je ve všech testovaných prostředcích relativně nízké. Pokud bychom ale vyšli z normy pro pitnou vodu, kde je povolená hodnota pro fosforečnany 0,2 mg/l výsledek již tak dobrý není. Pokud ale budeme uvažovat opravdu kapku „jaru“ na jedno mytí nádobí, dojde k takovému zředění, že by byla splněna i tato norma.

Pracovní list studenta

skupina:.....

jméno:..... třída:..... datum:.....

Slovníček pojmů

S využitím dostupných zdrojů vysvětlete následující pojmy:

Spektrofotometrie:

Absorbance:

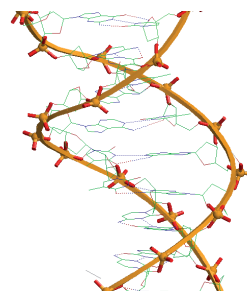
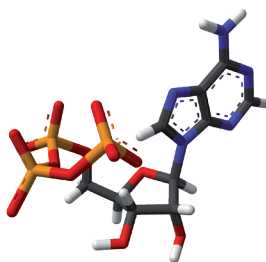
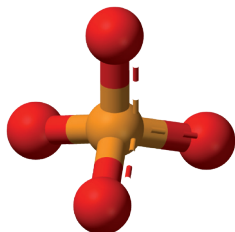
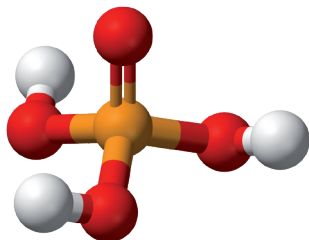
Fosforečnany:

ATP:

Eutrofizace:

Teoretická příprava úlohy

1. S fosforečnany se můžeme setkat na celé řadě „míst“ v různých „formách“. Doplňte chybějící popisky k jednotlivým obrázkům:



--	--	--	--

2. Které dva typy látek se nejvíce podílí na eutrofizaci?

--

3. Proč se fosforečnany přidávají do mycích a pracích prostředků?

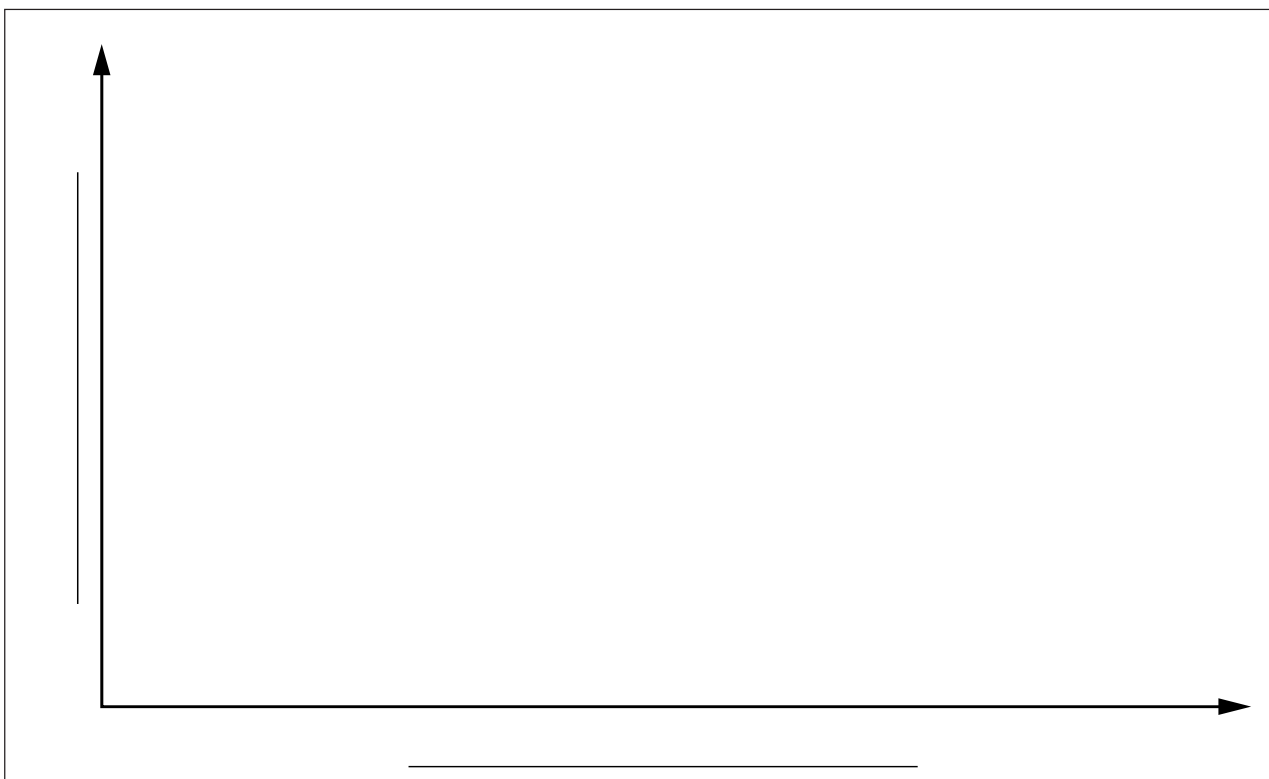
--

4. Navrhněte způsoby omezení eutrofizace:

--

Vizualizace naměřených dat

1. Zakreslete váš kalibrační graf (závislost absorbance na koncentraci pro vaše kalibrační roztoky).



2. Zaneste do tabulky výsledky vašeho měření absorbance pro vzorky mycích a pracích prostředků.

Vyhodnocení naměřených dat

1. Doplňte následující tabulku:

Zkumavka	Vzorek	Absorbance	Koncentrace fosforečnanů [mmol/l]	Hmotnost v 1 litru [mg/l] $M(\text{PO}_4^{3-}) = 95 \text{ g/mol}$
1'	Kalibrační 1		0,010	0,950
2'	Kalibrační 2		0,100	9,500
3'	Kalibrační 3		0,400	38,000
4'	Kalibrační 4		0,700	66,500
5'	Kalibrační 5		1,000	95,000
6'	Vzorek 1			
7'	Vzorek 2			
8'	Vzorek 3			
9'	Kontrola	0	0	0

2. Vypočítejte přibližné množství fosforečnanů v původním vzorku mycího/pracího prostředku (uvažujte PO_4^{3-}).

3. Vypočítejte přibližné množství fosforečnanů v jednom celém „balení“ mycího/pracího prostředku.

Závěr

1. Jsou testované prostředky prostředky skutečně bezfosfátové?

2. Který z analyzovaných vzorků obsahoval nejvyšší koncentraci fosforečnanů a který nejnižší?

3. Pokud zakoupíte jedno balení od každého testovaného mycího prostředku, kolik bude obsahovat celkem fosforečnanů? Jsme schopni vytvořit z tohoto balení eutrofní vodný roztok?

4. Můžeme považovat testované prostředky za šetrné vůči přírodnímu prostředí?