PASPort®

CHEMIE

laboratorní cvičení č. 13

rev. 1.0

13 • CHEMIE

Redoxní vlastnosti vitamínu C

Nedáme si šípkový čaj?

Obsah

Úvod 2
Cíle 2
Teoretický úvod 3
Motivace studentů 5
Doporučený postup 6
- Příprava úlohy 6
- Materiály pro studenty 7
- Záznam dat 7
- Analýza dat 7
- Syntéza a závěr 8
- Hodnocení 8
- Internetové odkazy 8

Pracovní návod 9
- Zadání úlohy 9
- Pomůcky 9
- Bezpečnost práce 10
- Teoretický úvod 10
- Příprava úlohy (praktická příprava) 11
- Postup práce 12
  - Nastavení HW a SW 12
  - Příprava měření 12
  - Vlastní měření (záznam dat) 14
  - Analýza naměřených dat 14

Pracovní list učitele 15
- Slovníček pojmů 15
- Teoretická příprava úlohy 16
- Vizualizace naměřených dat 17
- Vyhodnocení naměřených dat 18
- Závěr 18

Pracovní list studenta 19
- Slovníček pojmů 19
- Teoretická příprava úlohy 20
- Vizualizace naměřených dat 22
- Vyhodnocení naměřených dat 23
- Závěr 23

PASCO®

Zařazení do výuky

Experiment je vhodné zařadit v rámci učiva o vitamínech (vlastnostech vitamínu C), ale např. také v rámci učiva o redoxních dějích v organické chemii, analytické chemii, klasifikaci chemických reakcí či působení antioxidantů.

Tip 1

Ve vyšších ročnících je možné zařadit v rámci biochemie variantu experimentu, kdy budou studenti stejným způsobem sledovat redoxní změny v šípkovém čaji, nebo jiném libovolném extraktu z ovoce obsahujícího větší množství vitamínu C. Pro kontrolu je vhodné zařadit i materiál, který obsahuje relativně malé množství vitamínu C (např. bramborové hlízy). Je třeba si uvědomit, že použitá metoda není pro kys. askorbovou nikterak specifická a měříme vždy celkový redoxní potenciál všech přítomných látek v roztoku. Výsledky je tedy možné interpretovat pouze jako přítomnost či nepřítomnost látek s redukčními vlastnostmi. V případě, že by nás zajímal skutečný obsah vitamínu C v určitém materiálu, je vhodné použít např. spektrofotometrické stanovení.

Časová náročnost

Jedna hodina (**1 × 45 min**) – v případě přípravy teoretické části mimo cvičení.

Dvě hodiny (**2 × 45 min**) – s teoretickou přípravou až v rámci cvičení.

Čas se vztahuje k základní uvedené variantě včetně úvodní diskuse a vyhodnocení výsledků.

Úvod

V následujícím laboratorním cvičení využijí studenti elektrodu měřící redoxní potenciál (ORP elektroda) ke studiu redoxních vlastností vitamínu C (kyseliny askorbové). Redoxní děje jsou takové děje, kdy dochází jednak k oxidaci a zároveň k redukci. S redoxními ději se můžeme setkat nejenom v chemické laboratoři, ale doslova na každém našem kroku. Redoxní děje jsou dokonce stěžejní také v živých organismech, a tím pádem i v nás samotných.

Cíle

Studenti by měli zvládnout:

- použít odpovídající instrumentální vybavení (ORP elektrodu Pasco, Pasco počítadlo kapek) ke studiu redoxních reakcí,
- sestavit a použít modifikovanou titrační aparaturu,
- analyzovat a vyvodit závěry z grafu časové změny napětí (elektrodového potenciálu) zaznamenané v průběhu chemické reakce,
- na základě naměřených hodnot vypočítat koncentraci kyseliny askorbové ve vzorku,
- vysvětlit probíhající reakci a dát ji do vztahu s působením vitamínu C v živých organizmech.

Teoretický úvod

Chemické děje můžeme rozdělit podle různých kritérií. Hovoříme tak o reakcích acidobazických, srážecích, redoxních a dalších. V tomto praktickém cvičení se zaměříme na **reakce redoxní**.

Redoxní děj je takový děj, při kterém ***dochází současně vždy k oxidaci a redukci***. Redoxní reakce se tedy vlastně skládá ze dvou **poloreakcí**, které probíhají současně. Jednou z poloreakcí je **oxidace**, při které dochází ke zvyšovaní oxidačního čísla některého z atomů (atom ztrácí elektrony). Druhou poloreakcí je **redukce**, při níž dochází naopak ke snižování oxidačního čísla některého z atomů (atom přijímá elektrony). Proto se tyto reakce také někdy označují jako **oxidačně-redukční**.

V prostředí kolem nás se můžeme s redoxními reakcemi setkat velice často, doslova na každém kroku. Co třeba takové ***hoření***, ***koroze*** nebo ***reakce v baterii*** (správně galvanickém článku) v našem mobilním telefonu? Ano, všechno jsou to redoxní reakce.

Při studiu vlastností různých látek narazíme na to, že některé látky podléhají velice ochotně redukci, a tím pádem musí nějakou jinou látku oxidovat. Mezi takové látky patří např. chlor (Cl) nebo manganistan draselný ($KMnO_4$). Takovéto látky označujeme jako oxidační činidla -mají oxidační vlastnosti. Jiné látky se chovají přesně naopak. Ochotně se samy oxidují, a tím pádem nějakou

Chemikálie

- ***Kyselina askorbová*** $C_6H_8O_6$

Souhrn:
Nepříznivé účinky na zdraví člověka nejsou známé.

- ***Síran železitý*** $Fe_2(SO_4)_3$

R 34

S 26/28/36–39

Souhrn:
Používejte vhodný ochranný oděv a ochranné brýle. Při styku s kůží okamžitě omyjte velkým množstvím vody. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. Způsobuje poleptání.

Nebezpečnost: C

Tip 2

V rámci přípravy na praktické cvičení je vhodné připomenout způsob vyčíslování redoxních chemických rovnic, kde se právě vychází z jednotlivých poloreakcí a počtu přenesených elektronů.

Historie

Dlouhodobý nedostatek vitamínu C je historicky dobře známý. Projevuje se totiž jako nemoc označovaná jako kurděje (scorbut, Möllerova-Batlowova choroba, avitaminóza vitaminu C). Záznamy o této nemoci se objevují již z dob objevných mořeplaveckých cest v 15. století. Nemoc se projevuje především krvácením z dásní až vypadáváním zubů, krvácením pod kůži, do svalů, do nehtových lůžek, vnitřních orgánů, sníženou odolností proti nemocem a poruchou krvetvorby. Námořníci byli po měsíce odkázáni na dietu skládající se ze sušeného hovězího masa a sucharů. Žádný vitamín C tím pádem v potravě nepřijímali. Snaha lékařů o zkrocení a likvidaci nemoci dlouho nepřinášela výsledky. Teprve skotský lékař James Lind publikoval v roce 1772 práci, v níž demonstroval, že denní příděl nápoje, který obsahoval ocet, mořskou vodu a šťávu ze dvou pomerančů a jednoho citronu, rychle vyléčil i těžký skorbut a umožnil návrat nemocných námořníků do služby již po 6 dnech léčby (objev byl učiněn již v roce 1747).

K objevu vitamínu C došlo ale až mnohem později, a to v roce 1928, kdy ho objevil maďarský chemik Albert Szent-Györgyi, a zjistil, že se hojně vyskytuje v potravinách rostlinného původu. Zajímavé je, že drtivá většina savců si dokáže vitamin C sama vytvářet. Člověk představuje v tomto směru velice vzácnou výjimku (další je např. morče).

Albert Szent-Györgyi

jinou látku redukují. Mezi tyto látky patří třeba alkalické kovy, např. sodík (Na), nebo siřičitan sodný (Na_2SO_3). Takovéto látky označujeme jako **redukční činidla** – mají redukční vlastnosti.

Jako příklad použijeme reakci hoření. Hoření uhlíku můžeme zapsat následující způsobem:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

- uhlík se oxiduje, $C^0 - 4e^- \rightarrow C^{+IV}$, (uhlík odevzdá elektrony kyslíku)
- kyslík se redukuje, $O_2^0 + 4e^- \rightarrow O_2^{-II}$ (kyslík přijme elektrony od uhlíku)

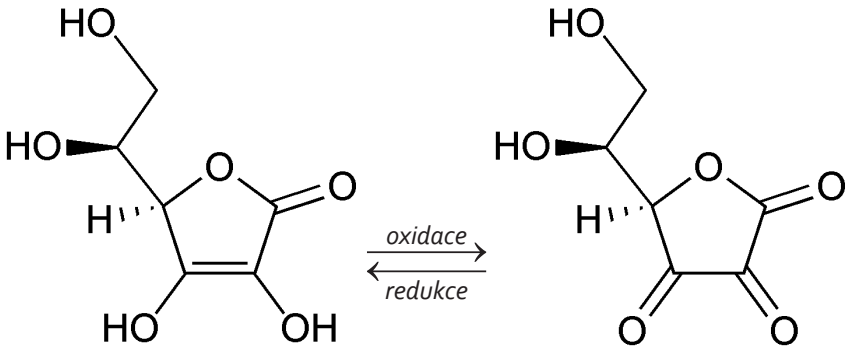
Kyslík tedy vystupuje jako oxidační činidlo (sám se redukuje) a uhlík je činidlem redukčním (sám se oxiduje).

Zvláštní pozornost si jistě zaslouží **redoxní reakce** odehrávající se **v živých organismech**. Redoxními ději je protkána celá řada metabolických drah. Bez oxidace a redukce by tak nemohlo probíhat např. štěpení lipidů, získávání „energie" v dýchacím řetězci, fotosyntéza a celá řada dalších životně důležitých dějů.

Na druhou stranu je třeba některým **redoxním reakcím zabránit**. Typicky se jedná o nežádoucí působení oxidačních činidel, které mohou svým působením na nevhodném místě buňku poškodit (nebezpečné je poškození např. na úrovni DNA). Proto jsou pro buňku důležité látkty, kterým říkáme **antioxidanty** a jsou schopny nežádoucí oxidaci zabránit.

Mezi antioxidanty patří celá řada přírodních barviv a také některé vitamíny. Jedním ze zástupců vitamínů s antioxidačním působením je námi studovaný **vitamín C** neboli **kyselina askorbová**. Jedná se o látku, která je pro lidský organismus ***esenciální*** (naše tělo si tuto látku nedokáže vyrobit a musí jí přijímat v potravě). Kyselina askorbová je nutná pro správný průběh řady metabolických reakcí u rostlin i živočichů (často zastává funkci tzv. kofaktoru enzymů).

Následující obrázek znázorňuje kyselinu askorbovou v oxidované a redukované formě.



Kyselina askorbová v redukované formě

Kyselina askorbová v oxidované formě

Ke studiu redoxních vlastností kyseliny askorbové použijeme speciální elektrodu, která je schopna měřit redoxní potenciál látek v roztoku (ORP elektroda). Pokud bude v roztoku docházet k oxidaci nebo k redukci, bude se redoxní potenciál měnit a my zaznamenáme změnu napětí. Vzhledem k tomu, že o kyselině askorbové víme, že je antioxidantem, budeme roztok kyseliny askorbové titrovat roztokem železitých iontů a sledovat změnu napětí zaznamenanou pomocí ORP elektrody.

Motivace studentů

Vitamín C je mezi studenty obecně známou látkou. Jednou z možností je začít s lahvičkou tabletek s vitamínem C v ruce (nebo si doneseme několik plodů šípkové růže). Některému ze studentů dáme ochutnat a zptáme se, jak by ochutnanou látku charakterizoval. Základním vjemem bude kyselá chuť. Navázat můžeme tím, že vitamín C bude patrně kyselina, když chutná kysele. Následně uvedeme jeho vzorec a zmíníme se o jeho důležitých chemických vlastnostech (oxidace a redukce v anorganické a organické chemii). Zeptáme se studentů na význam vitamínu C pro náš organismus a uvedeme historické pozadí jeho objevu. Studenti často slýchají v reklamách o antioxidantech. Rozvineme diskusi o tom, co to antioxidant je a jaké bude jeho působení v našem organismu.

Slovníček pojmů

REDOXNÍ REAKCE
OXIDACE
REDUKCE
OXIDAČNÍ ČINIDLO
REDUKČNÍ ČINIDLO
ANTIOXIDANT
KYSELINA ASKORBOVÁ
ESENCIÁLNÍ LÁTKA
ORP ELEKTRODA
Viz pracovní list (učitel).

Přehled pomůcek

- počítač s USB portem
- 2 × PASPORT USB Link (Interface) nebo 1 × Xplorer
- PASPORT chemistry multisensor + ORP elektroda
- PASPORT drop counter (počítadlo kapek)
- software DataStudio
- kyselina askorbová (roztok o c = 0,1 mol/l)
- síran železitý $Fe_2(SO_4)_3$ (roztok o c=0,1 mol/l)
- destilovaná voda
- kádinka 50 ml (1 ks)
- odměrná zkumavka malá 10 ml (1 ks)
- pipety s balónkem (2 ks), 2 ml
- magnetická míchačka s míchadlem
- injekční stříkačka Pasco s nasazeným kohoutkem
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

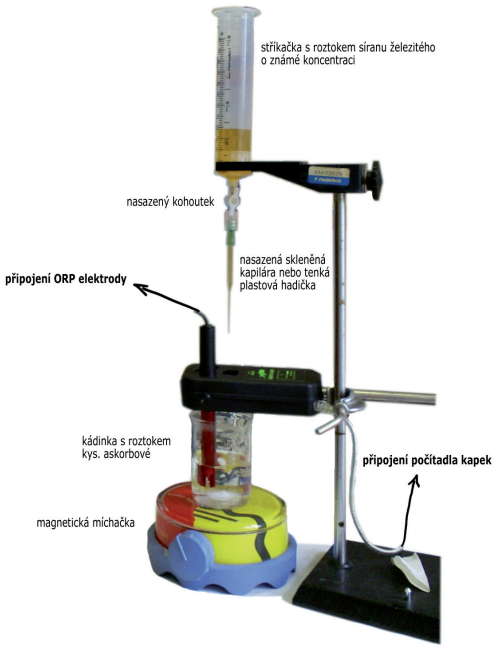
Doporučený postup

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 spefický úkol. Pro čtyřčlennou 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),
   - *student 2* – odměří potřebná množství chemikálií (roztoků),
   - *student 3* – připraví potřebnou aparaturu (na stojan umístí držáky na stříkačku s kohoutkem, vybere kádinku odpovídající velikosti, ověří funkci magnetické míchačky a možnost zasunutí elektrody tak, aby byla dostatečně pod hladinou, ...),
   - *student 4* – zodpovídá za přípravu systému PASCO k měření redoxního potenciálu a objemu pomocí počítadla kapek (spuštění PC a SW DataStudio, kontrola připojení odpovídajícího čidla, ověření funkčnosti čidla, ...).
3. Připojte zařízení přes USB rozhraní k počítači (viz obrázek).

4. Vyberte odpovídající soubor DataStudia (**13_redox_vitamin_c.ds**) a pokračujte podle postupu uvedeného v „pracovním návodu".

Příprava úlohy

Nechte studenty vyplnit slovníček pojmů a přípravnou část úlohy v „pracovním listě". Pokud máme cvičení koncipováno jako jednohodinové, je třeba provést teo-



Sestavená titrační aparatura

retickou přípravu před vlastní prací v laboratoři (za domácí úkol nebo v klasické hodině). Je nezbytné, aby studenti tyto části vypracovali před vlastní experimentální činností.

Zjistěte, jak studenti přípravnou část úlohy vypracovali.

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 listě". Upozorněte studenty na to, že před vlastním započetím 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.

Tip 3

Ze získané titrační křivky můžeme snadno odečíst spotřebu roztoku síranu železitého, a tím pádem vypočítat množství kyseliny askorbové v neznámém roztoku. Celou úlohu je tedy možné zařadit i v rámci instrumentálních analytických technik – potenciometrické titrace.

Tip 4

Při vyhodnocení redoxní titrační křivky bychom správně měli zohlednit skutečnost, že křivka není symetrická. To je způsobeno tím, že na oxidaci jedné molekuly kys. askorbové je třeba dvou elektronů, tedy spotřebujeme dva ionty Fe^{3+}. Bod ekvivalence je tím oproti teoretickému bodu posunut ještě „kousek" doprava. Tento posun je samozřejmě možné vypočítat. V našem případě je ale uvedený posun celkem zanedbatelný a výpočtem se tedy nebudeme zabývat.

Syntéza a závěr

Po skončení experimentální činnosti shrneme získané poznatky o redoxních vlastnostech kyseliny askorbové. Vitamín C, neboli kyselina askorbová, má redukční účinky, proto může ve organizmu vystupovat také jako antioxidant.

Tuto skutečnost jsme si ověřili na základě reakce s ionty Fe^{3+}, které byly působením kyseliny askorbové zredukovány na ionty Fe^{2+}. To se projevilo, při námi použitých koncentracích, odbarvením původně žluto-oranžového roztoku iontů Fe^{3+}. Sledování změny redoxního potenciálu (v našem případě celkový redoxní potenciál vzrostl z počátečních 120 mV na konečných 490 mV) vedlo ke získání redoxní titrační křivky, která má obdobný průběh, jako titrační křivky získané při acidobazických titracích (viz dřívější úlohy s využitím pH elektrody). Náš experimet můžeme tedy použít i ke kvantitativnímu stanovení koncentrace kyseliny askorbové v jejím roztoku o neznámé koncentraci.

Hodnocení

(Viz dříve uvedené cíle.)

- Sestavili a použili studenti laboratorní zařízení správně?
- Postupovali korektně podle pracovního postupu?
- Pochopili studenti redoxní vlasnosti kyseliny askorbové?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Získali studenti korektní titrační křivku?
- Jsou studenti schopni zdůvodnit případné rozpory mezi teoretickým a skutečným výsledkem?

Internetové odkazy

Vitamin C

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

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

Titrimetric methods of analysis

http://www.tau.ac.il/~advanal/TitrimetricMethodsOfAnalysis.htm

Pasco zdroje

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