

Redoxní vlastnosti vitamínu C

Nedáme si šípkový čaj?

Obsah

Úvod	2	Příprava úlohy (praktická příprava)	11
Cíle	2	Postup práce	12
Teoretický úvod	3	Nastavení HW a SW	12
Motivace studentů	5	Příprava měření	12
Doporučený postup	6	Vlastní měření (záznam dat)	14
Příprava úlohy	6	Analýza naměřených dat	14
Materiály pro studenty	7	Pracovní list učitele	15
Záznam dat	7	Slovníček pojmů	15
Analýza dat	7	Teoretická příprava úlohy	16
Syntéza a závěr	8	Vizualizace naměřených dat	17
Hodnocení	8	Vyhodnocení naměřených dat	18
Internetové odkazy	8	Závěr	18
Pracovní návod	9	Pracovní list studenta	19
Zadání úlohy	9	Slovníček pojmů	19
Pomůcky	9	Teoretická příprava úlohy	20
Bezpečnost práce	10	Vizualizace naměřených dat	22
Teoretický úvod	10	Vyhodnocení naměřených dat	23
		Závěr	23

 **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 zvyšování 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**, **korozí** 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** $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$

Souhrn:

Nepříznivé účinky na zdraví člověka nejsou známy.

- **Síran železitý** $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

R 34

S 26/28/36–39

Souhrn:

Použijte 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 vitamínu 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 zkrácení a likvidaci nemoci dlouho nepřinášela výsledky. Teprve skotský lékař James Lind publikoval v roce 1772 práci, v níž demonstroval, že denní přídělí 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 vitamín C sama vytvářet. Člověk představuje v tomto směru velice vzácnou výjimku (další je např. morče).



Albert Szent-Györgyi

jinou látku redukuje. 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:



- uhlík se oxiduje, $\text{C}^0 - 4\text{e}^- \rightarrow \text{C}^{+IV}$, (uhlík odevzdá elektrony kyslíku)
- kyslík se redukuje, $\text{O}_2^0 + 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2^{-II}$ (kyslík přijme elektrony od uhlíku)

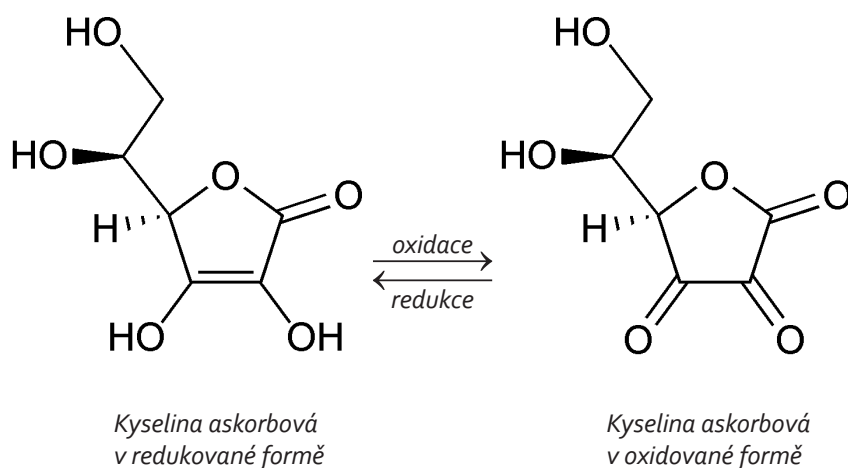
Kyslík tedy vystupuje jako oxidační činidlo (sám se redukuje) a uhlík je činidlem redukčním (sám se oxiduje).

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 látky, 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.



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 zaznameneáme 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). Někteří 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 kysle. 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 slyší 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 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (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

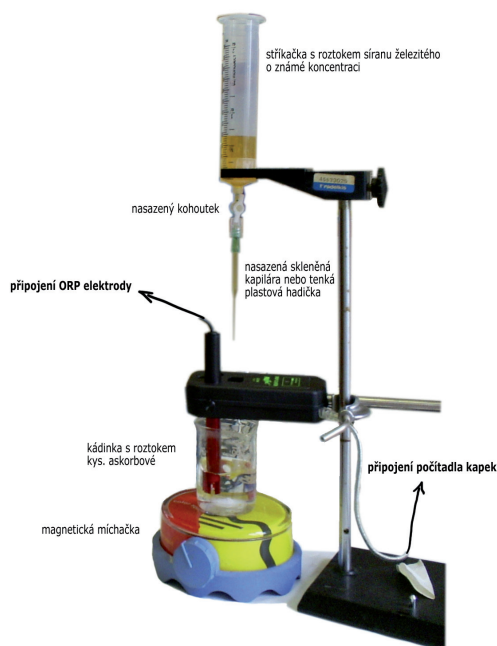
1. Každá pracovní skupina obdrží „pracovní návod“ a každý student dostane „pracovní list“. Studenti si nejprve přečtou návod a teprve pak začnou s přípravou vlastního experimentu.
2. Dopoučujeme, aby každý člen pracovní skupiny dostal svůj specifický úkol. Pro čtyřčlennou skupinu například:
 - *student 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

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 „koušek“ doprava. Tento posun je samozřejmě možné vypočítat. V našem případě je ale uvedený posun celkem zanedbatelný a výpočtem se tedy nebudeme zabývat.

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 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 redoxních vlastnostech kyseliny askorbové. Vitamín C, neboli kyselina askorbová, má redukční účinky, proto může ve organismu 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 experiment 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 vlastnosti 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.



CHEMIE

laboratorní cvičení č. 13

13

• CHEMIE

Redoxní vlastnosti vitamínu C (návod)

Zadání úlohy

Zjistěte jaké redoxní vlastnosti má vitamín C (kyselina askorbová).

Pomůcky

- 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, objem 5 ml)
- síran železitý $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (roztok o $c=0,1$ mol/l, objem 30 ml)
- destilovaná voda
- kádinka 50 ml (1 ks)
- odměrná zkumavka malá 10ml (1ks)
- pipety s balónkem (2 ks), 2 ml
- magnetická míchačka s míchadlem
- injekční stříkačka Pasco s nasazeným kohoutkem
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

PRACOVNÍ NÁVOD



Bezpečnost práce

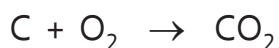
Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. S chemikáliemi zacházejte vždy dle instrukcí pedagoga. Nikdy nepipetujte ústy (vždy používejte balónek). V laboratoři používejte ochranné brýle, plášť a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

Teoretický úvod

V prostředí kolem nás se můžeme se 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 (KMnO₄). Takovéto látky označujeme jako **oxidační činidla** – mají oxidační vlastnosti. Jiné látky se chovají přesně naopak. Ochotně se samy oxidují, a tím pádem nějakou jinou látku redukují. Mezi tyto látky patří třeba alkalické kovy, např. sodík (Na), nebo siřičitan sodný (Na₂SO₃). Takovéto látky označujeme jako **redukční činidla** – mají redukční vlastnosti.

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



- uhlík se oxiduje, $\text{C}^0 - 4\text{e}^- \rightarrow \text{C}^{+IV}$, (uhlík odevzdá elektrony kyslíku)
- kyslík se redukuje, $\text{O}_2^0 + 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2^{-II}$ (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.

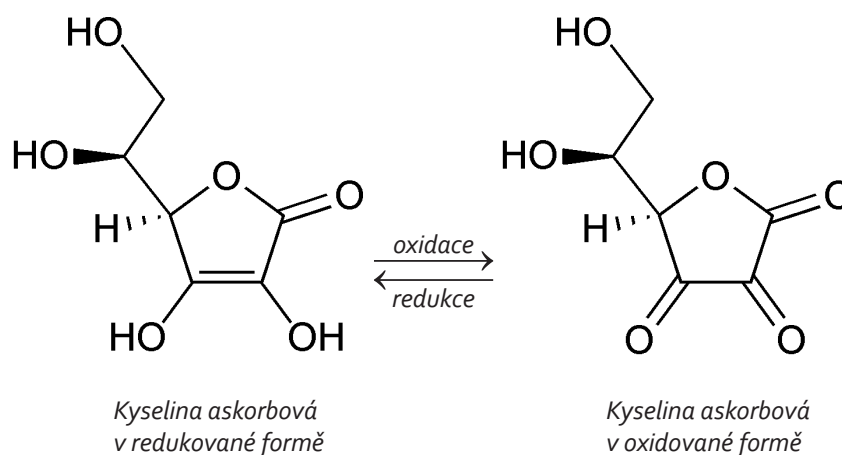
Na druhou stranu je třeba některým **redoxním reakcím zabránit**. Typicky se jedná o nežádoucí působení oxidačních činidel, které mohou svým působením na nevhod-



ném místě buňku poškodit (nebezpečné je poškození např. na úrovni DNA). Proto jsou pro buňku důležité látky, 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). K objevu vitamínu C došlo až v roce 1928, maďarským chemikem Albert Szent-Györgyiem, který 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).

Následující obrázek znázorňuje kyselinu askorbovou v oxidované a redukované 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.

- ▶ ***V následujícím praktickém cvičení se pokusíme zjistit, jaké redoxní vlastnosti má vitamín C (kyselina askorbová).***

Příprava úlohy (praktická příprava)

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

Postup práce

Nastavení HW a SW

1. Připojte počítadlo kapek (drop counter) a chemický multisenzor s připojenou ORP elektrodou přes USB rozhraní (PASSPORT USB interface nebo Xplorer) k počítači. Tím se automaticky otevře konfigurační dialog.



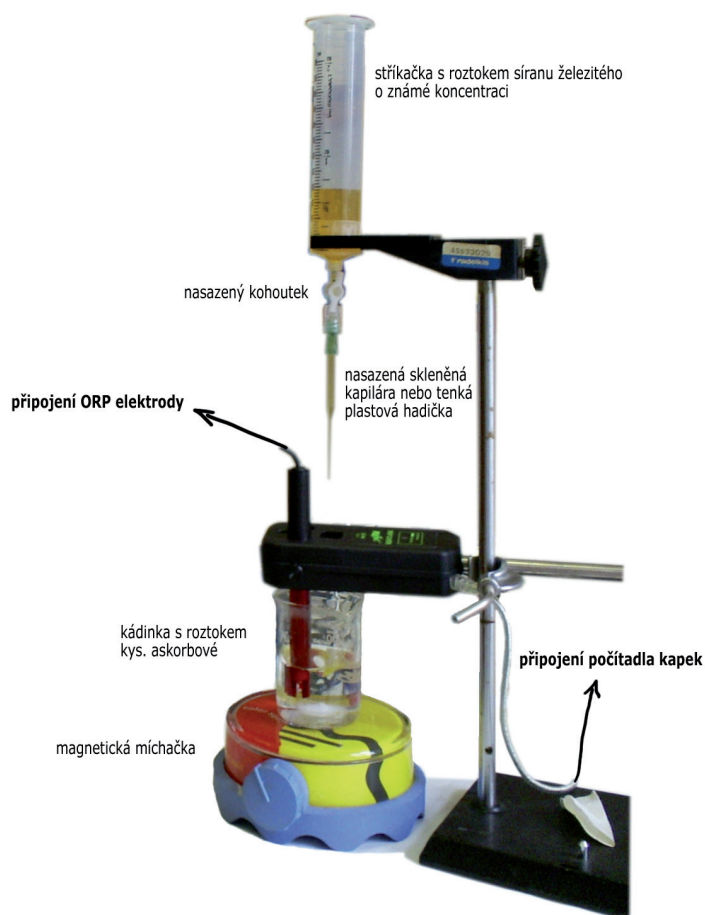
2. Vyberte a otevřete odpovídající konfigurační soubor DataStudia

13_redox_vitamin_c.ds

Poznámka: Konfigurační soubory automaticky otevřou potřebná okna a nastaví výchozí parametry (rychlost snímání atd.). V této úloze budete měřit pouze pomocí ORP elektrody a využijeme počítadlo kapek. V případě, že používáme některé z multisenzorových řešení, budeme ostatní čidla ignorovat (nebudeme je do úlohy přidávat).


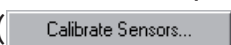
Příprava měření

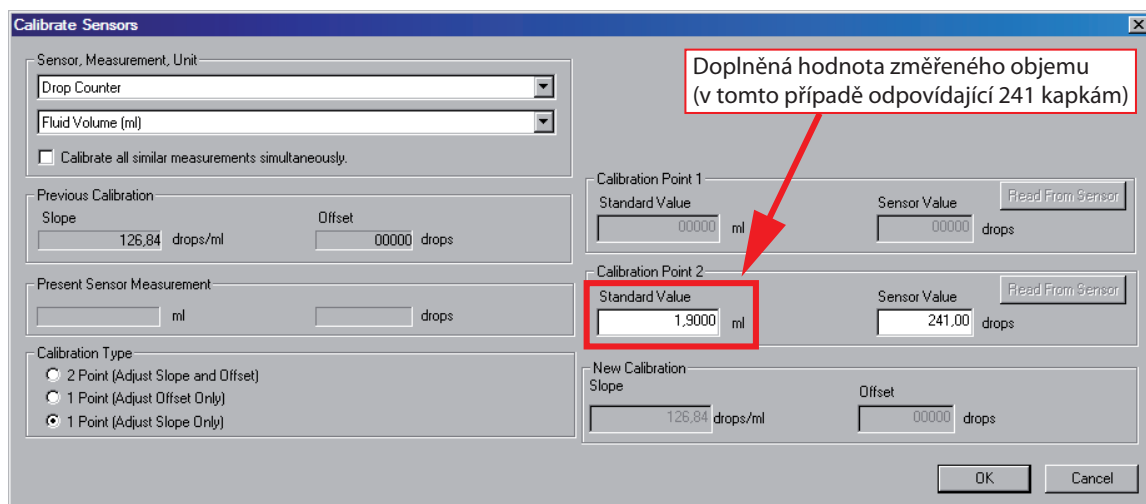
1. Před započítím práce si přečtete celý „pracovní návod“.
2. Nejdříve sestavíme jednoduchou „aparaturu“, kterou budeme k provedení experimentu potřebovat.



Sestavená titrační aparatura

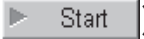

- I. Na stojan upevníme držák a do něj injekční stříkačku s připojeným kohoutkem (poslouží nám jako byreta) a nasazenou tenkou plastovou hadičkou nebo skleněnou kapilárou (abychom dostali přiměřeně malé kapky). Samozřejmě můžeme použít skutečnou byretu.
- II. Pod stojan umístíme magnetickou míchačku. Na ní postavíme kádinku, ve které budeme reakci provádět.

- III. Na stojan upevníme počítadlo kapek (drop counter), a to do takové výšky, aby mezi kádinkou a počítadlem kapek zůstala malá mezera.
 - IV. Ověříme si, že ORP elektroda upevněná do objímky počítadla kapek dosáhne téměř na dno kádinky. Pokud tomu tak není, zvolíme menší kádinku.
 - V. Tím máme aparaturu připravenou.
3. Kalibrace počítadla kapek (je-li nutná)
- I. Abychom získali skutečný spotřebovaný objem titračního činidla (roztoku $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), použijeme počítadlo kapek. Počítadlo kapek je třeba nakalibrovat – zjistit jaký objem má určitý počet kapek – pak je již snadné zjistit objem jedné kapky. Z tohoto automaticky vypočteného objemu jedné kapky a aktuálního počtu kapek při měření bude DataStudio zaznamenávat spotřebovaný objem titračního činidla. Pokud je počítadlo kapek již nakalibrováno, přejdeme rovnou k bodu č. 4.
 - II. Dialog kalibrace čidel zobrazíme pomocí tlačítka **Setup** () a následně tlačítkem **Calibrate** ().
 - III. V části „**Sensor...**“ zvolíme „**Drop counter**“ a pod ním „**Fluid volume**“. Nastavení „**Calibration Type**“ ponecháme na volbě „**1 point**“.
 - IV. Pod stříkačku umístíme malou odměrnou zkumavku tak, abychom mohli změřit nakapaný objem titračního činidla.
 - V. Stříkačku naplníme 25 ml destilované vody a otevřeme kohoutek u stříkačky (byrety) a sledujeme rostoucí počet kapek detekovaný počítadlem kapek (v části „**Present Sensor Measurement**“).
 - VI. Po nakapání asi 100–200 kapek kohoutek uzavřeme a na odměrné zkumavce odečteme odpovídající objem.
 - VII. Stiskneme tlačítko „**Read from sensor**“, čímž přeneseme zjištěný počet kapek do části „**Calibration point 2**“ → „**Sensor Value**“.
 - VIII. Do políčka „**Standard Value**“ zadáme zjištěný objem (v bodu č. VI).
 - IX. Zadané hodnoty potvrdíme tlačítkem „**OK**“ a tím je kalibrace ukončena.




4. Následně aparaturu naplníme roztoky a umístíme ORP elektrodu:
 - I. Do prázdné stříkačky (byrety) odměříme 25 ml 0,1 M roztoku síranu železitého.
 - II. Do kádinky odměříme 1 ml 0,1 M roztoku kyseliny askorbové a přidáme 29 ml destilované vody.
 - III. Na dno kádinky vložíme magnetické míchadlo.
 - IV. Do držáku počítadla kapek zasuneme ORP elektrodu tak, aby byla ponořena alespoň 1,5 cm v roztoku.

Vlastní měření (záznam dat)

1. Spustte magnetickou míchačku a nastavte vyšší otáčky míchání (při malých otáčkách by docházelo k nedostatečnému míchání a záznam z elektrody by byl hodně „rozskákaný“).
2. Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko **Start** ().
3. Otevřete kohoutek u stříkačky (byrety) a sledujte hodnoty zaznamenané v grafu. Všímejte si také změn, které jsou viditelné v roztoku.
4. Po spotřebování asi 4 ml kohoutek u stříkačky uzavřete a zastavte záznam dat tlačítkem **Stop** ().
5. Zreagovaný obsah kádinky zlikvidujte dle instrukcí pedagoga.
6. Je vhodné celé měření ještě jednou zopakovat.

Analýza naměřených dat

1. Získanou křivku označujeme jako „**potenciometrickou titrační křivku**“. Prostudujte její průběh.
2. Zaznamenejte počáteční a maximální dosaženou hodnotu napětí.
3. Bod ekvivalence (bod, kdy spotřeba titračního činidla odpovídá právě množství přítomné kyseliny askorbové) můžeme určit odhadem podle místa největší změny měřeného potenciálu.
4. Lepší možností je určení bodu ekvivalence s využitím druhé derivace naměřené křivky (dosažené maximum zde odpovídá právě bodu ekvivalence). Graf druhé derivace vytvoříme pomocí nástroje „**Calculate**“ – . Pokud používáte soubor s úlohou 13_redox_vitamin_c.ds, je derivace zobrazována automaticky jako zelená křivka.
5. Rozhodněte zda zjištěná spotřeba roztoku síranu železitého odpovídá obsahu kyseliny askorbové v použitém roztoku.
6. Své výsledky v DataStudiosu uložte (nabídka File → Save Activity As...) na místo, které máte vyhrazeno k ukládání svých souborů.
7. Odpovězte na otázky v pracovním listu.
8. Dle instrukcí učitele uklidte své pracovní místo.

Redoxní vlastnosti vitamínu C pracovní list (učitel)

Slovníček pojmů

S využitím dostupných zdrojů vysvětlete následující pojmy:



Redoxní reakce:

Chemické reakce, při nichž dochází k předání elektronů mezi prvky, a tím pádem ke změně jejich oxidačních čísel.

Oxidace:

Jedna z „poloreakcí“ redoxních dějů. Při oxidaci dochází ke ztrátě elektronů a tím pádem ke zvýšení oxidačního čísla oxidovaného prvku.

Redukce:

Jedna z „poloreakcí“ redoxních dějů. Při redukci dochází k přijmutí elektronů a tím pádem ke snížení oxidačního čísla redukováného prvku.

Oxidační činidlo:

Látka, jejímž působením se jiná látka oxiduje. Oxidační činidlo samo se tedy redukuje.

Redukční činidlo:

Látka, jejímž působením se jiná látka redukuje. Redukční činidlo samo se tedy oxiduje.

Antioxidant:

Látka, která zabraňuje oxidaci jiné látky – působí proti oxidaci (látka sama se oxiduje přednostně).

Kyselina askorbová:

Kyselina askorbová je jiný název pro vitamín C. Jedná se o důležitou, pro člověka esenciální látku, která má také antioxidační účinky (je redukčním činidlem).

Esenciální látka:

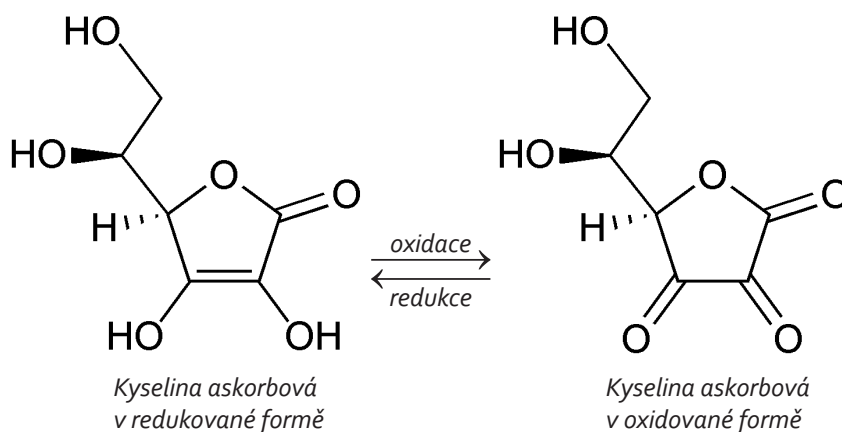
Důležitá látka, kterou si organismus nedokáže sám vyrobit a musí jí přijímat v potravě.

ORP elektroda:

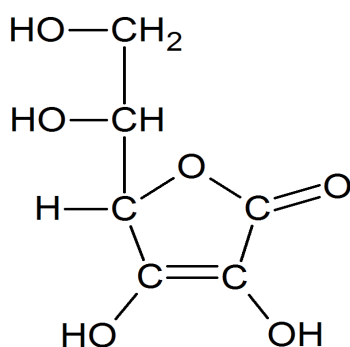
Speciální elektroda, která měří celkový redoxní potenciál v roztoku. Pomocí ní můžeme sledovat probíhající oxidaci a redukci látek obsažených v roztoku.

Teoretická příprava úlohy

1. V reakčním schématu doplňte, kdy se jedná o oxidaci a kdy o redukci.



2. Projeví se změna Fe^{3+} na Fe^{2+} nějakým způsobem také vizuálně? Pokud ano, jak?
Ano, projeví se změnou barvy. Železité ionty jsou žluto-hnědavé, kdežto ionty železnaté zelené. Vzhledem k nízké koncentraci ovšem zelené zbarvení není viditelné - do dosažení bodu ekvivalence se hnědavá kapka roztoku Fe^{3+} v kádince odbarví (vznikne Fe^{2+}) a roztok zůstává bezbarvý.
3. Napište vzorec redukované formy kyseliny askorbové.



4. Kolik iontů Fe^{3+} je třeba k oxidaci jedné molekuly kyseliny askorbové?
K oxidaci jedné molekuly kyseliny askorbové jsou třeba dva ionty Fe^{3+} .

5. Ze vzorce kyseliny askorbové odvodte mezi jaké skupiny chemických látek bychom ji mohli zařadit.

Kyslíkaté heterocykly (cyklické ethery), alkoholy, ketony, ...

6. Jakou důležitou roli hraje kyselina askorbová v našem organismu?

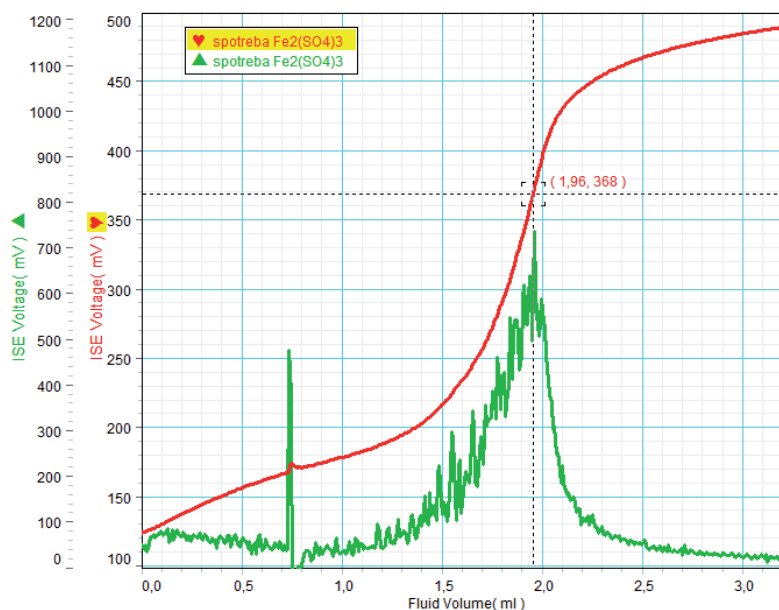
Kyselina askorbová je nutná pro správný průběh řady redoxních metabolických dějů u rostlin i živočichů (často zastává funkci tzv. kofaktoru enzymů). Mimo to je také významným antioxidantem.

7. Proč se objevují zmínky o nemoci zvané **kurděje** právě v době velkých zámořských objevů?

Námořníci byli po měsíce odkázáni na dietu skládající se ze sušeného hovězího masa a sucharů. Téměř žádný vitamín C tím pádem v potravě nepřijímali. Proto se u nich začala projevovat tzv. avitaminóza vitamínu C, neboli kurděje. Nemoc označovaná jako kurděje (scorbut, Mölleroва-Batlowova choroba, avitaminóza vitamínu C) 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.

Vizualizace naměřených dat

1. Zakreslete graf změny redoxního potenciálu v čase.



Graf změny redoxního potenciálu v čase (zelená křivka představuje derivaci křivky červené).

2. Proč dochází ke stálému růstu redoxního potenciálu i po ztitrování veškeré kyseliny askorbové, když se již nemá co oxidovat?

Přidáváním roztoku železitých kationtů dochází k postupnému růstu jejich koncentrace. Pokud tedy stále přikapáváme roztok síranu železitého, dochází také k postupnému růstu měřeného potenciálu.

Vyhodnocení naměřených dat

1. Doplňte následující tabulku:

Hodnota	Z grafu odečteno
Počáteční hodnota potenciálu [mV]	124 mV
Konečná hodnota potenciálu [mV]	490 mV
Bod ekvivalence [ml $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$]	1,965 (správný výsledek 2,0) ml
Látkové množství $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ [mmol]	0,1965 (0,2) mmol
Odpovídající látkové množství kys. askorbové [mmol]	0,09825 (0,1) mmol
Koncentrace kys. askorbové v původním vzorku [mol/l]	0,09825 (0,1) mol/l
Potvrdili jsme koncentraci v původním vzorku	ano
V průběhu titrace docházelo k (nehodící se škrtněte):	VZRŮSTU × POKLESU celkového redoxního potenciálu

Závěr

1. Jaké vlastnosti kyseliny askorbové jsme si provedeným experimentem ověřili?

Provedená reakce demonstrovala redukční účinky kyseliny askorbové. Důkazem tohoto působení bylo zredukování iontů Fe^{3+} na ionty Fe^{2+} . Kyselina askorbová se při této reakci sama oxidovala. Tyto vlastnosti umožňují kyselině askorbové účastnit se různých redoxních dějů v buňce, včetně antioxidačního působení.

2. Můžeme provedený redoxní děj využít v analytické chemii ke stanovení koncentrace kyseliny askorbové?

Ano, můžeme. Protože se jedná o klasickou redoxní titraci, při které nám ORP elektroda slouží k detekci bodu ekvivalence, můžeme z hodnot, odečtených z naměřené křivky vypočítat množství obsažené kyseliny askorbové (viz tabulka výsledků).

3. Jak by vypadala titrační křivka v případě, že bychom titrovali pomocí kyseliny askorbové roztok síranu železitého (použité roztoky bychom obrátili – do stříkačky bychom plnili roztok kys. askorbové a v kádince by byl roztok síranu železitého)? Kdy budeme hovořit o oxidimetrii a kdy o reduktometrii?

V průběhu reakce by docházelo k poklesu celkového redoxního potenciálu a nikoli k růstu. Titrační křivka by tedy teoreticky byla zrcadlovým obrazem křivky námi získané. Podle toho hovoříme o reduktometrii a oxidimetrii. V případě reduktometrie je jako titrační činidlo použito redukční činidlo a titrační křivka postupně „klesá“. Pokud je použito jako titrační činidlo, které je oxidačním činidlem, hovoříme o oxidimetrii a titrační křivka postupně „roste“.

4. Při oxidaci a redukci v rámci organických sloučenin si všímáme celkového počtu vodíků. Můžeme dát do vztahu s redukcí a oxidací skutečnost, že v rámci určité organické sloučeniny ubude či přibude atomů vodíku?

Ano. Hydrogenace (vnášení vodíku) je redukcí. Naopak dehydrogenace (odštěpení vodíku) je oxidací.

Pracovní list studenta

skupina:.....

jméno:..... třída:..... datum:.....

Slovníček pojmů

S využitím dostupných zdrojů vysvětlete následující pojmy:

Redoxní reakce:

Oxidace:

Redukce:

Oxidační činidlo:

Redukční činidlo:

Antioxidant:

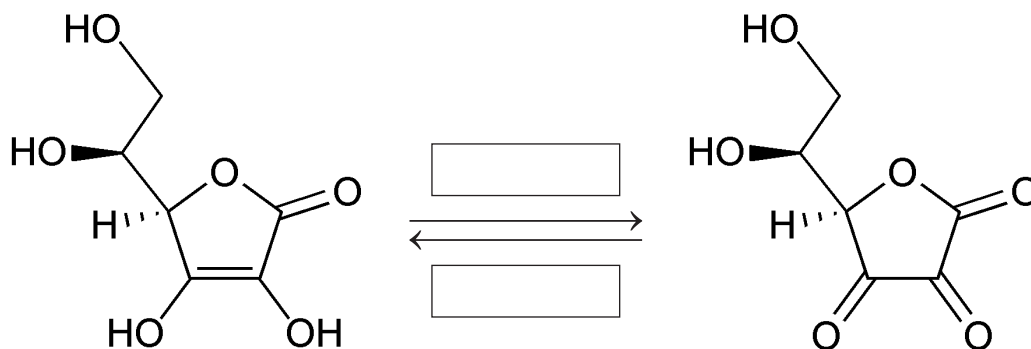
Kyselina askorbová:

Esenciální látka:

ORP elektroda:

Teoretická příprava úlohy

1. V reakčním schématu doplňte, kdy se jedná o oxidaci a kdy o redukci.



2. Projeví se změna Fe^{3+} na Fe^{2+} nějakým způsobem také vizuálně? Pokud ano, jak?

3. Napište vzorec redukované formy kyseliny askorbové.

4. Kolik iontů Fe^{3+} je třeba k oxidaci jedné molekuly kyseliny askorbové?

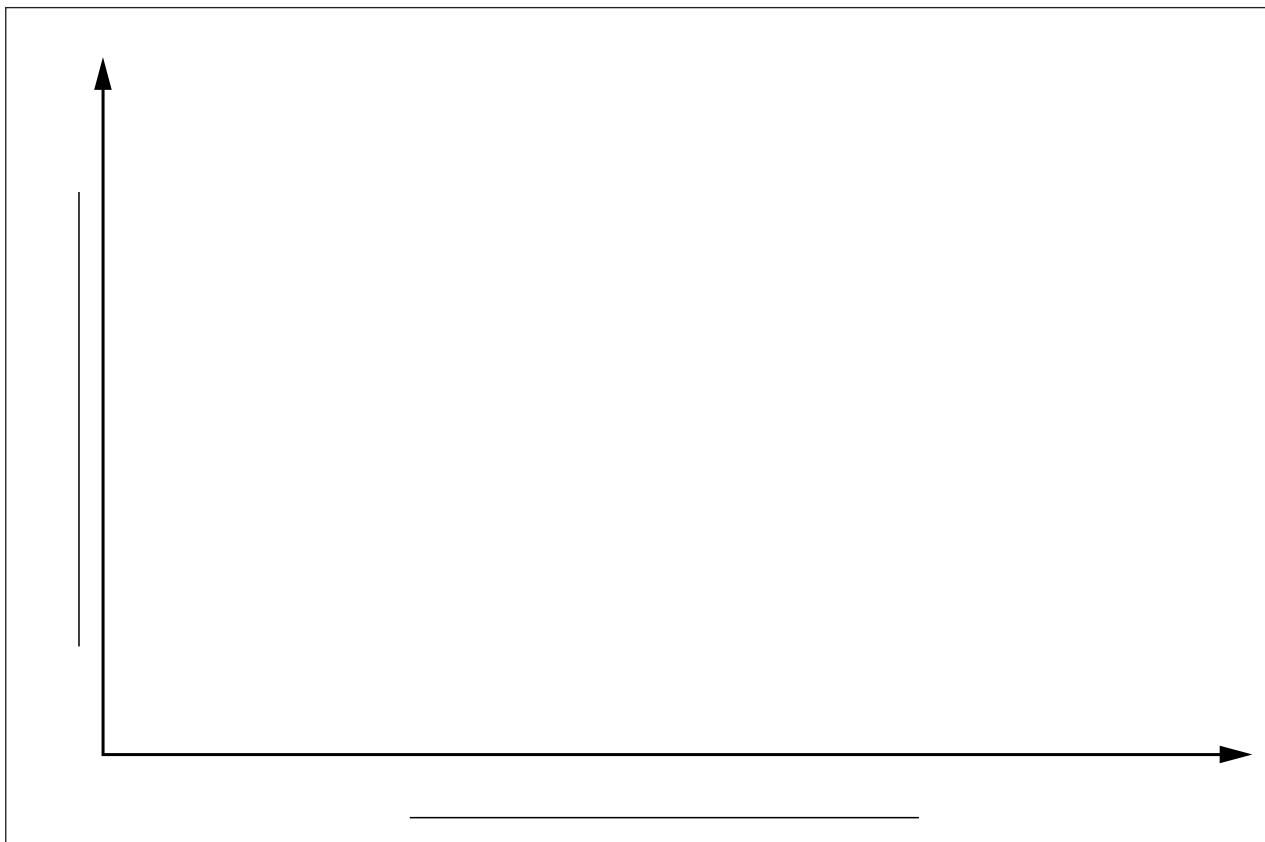
5. Ze vzorce kyseliny askorbové odvodte mezi jaké skupiny chemických látek bychom ji mohli zařadit.

6. Jakou důležitou roli hraje kyselina askorbová v našem organismu?

7. Proč se objevují zmínky o nemoci zvané **kurděje** právě v době velkých zámořských objevů?

Vizualizace naměřených dat

1. Zakreslete graf změny redoxního potenciálu v čase.



2. Proč dochází ke stálému růstu redoxního potenciálu i po ztitrování veškeré kyseliny askorbové, když se již nemá co oxidovat?

Vyhodnocení naměřených dat

1. Doplňte následující tabulku:

Hodnota	Z grafu odečteno
Počáteční hodnota potenciálu [mV]	
Konečná hodnota potenciálu [mV]	
Bod ekvivalence [ml $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$]	
Látkové množství $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ [mmol]	
Odpovídající látkové množství kys. askorbové [mmol]	
Koncentrace kys. askorbové v původním vzorku [mol/l]	
Potvrdili jsme koncentraci v původním vzorku	
V průběhu titrace docházelo k (nehodící se škrtněte):	VZRŮSTU × POKLESU celkového redoxního potenciálu

Závěr

1. Jaké vlastnosti kyseliny askorbové jsme si provedeným experimentem ověřili?

2. Můžeme provedený redoxní děj využít v analytické chemii ke stanovení koncentrace kyseliny askorbové?

3. Jak by vypadala titrační křivka v případě, že bychom titrovali pomocí kyseliny askorbové roztok síranu železitého (použité roztoky bychom obrátili – do stříkačky bychom plnili roztok kys. askorbové a v kádince by byl roztok síranu železitého)? Kdy budeme hovořit o oxidimetrii a kdy o reduktometrii?

4. Při oxidaci a redukci v rámci organických sloučenin si všímáme celkového počtu vodíků. Můžeme dát do vztahu s redukcí a oxidací skutečnost, že v rámci určité organické sloučeniny ubude či přibude atomů vodíku?