

Rychlost chemické reakce

pracovní návod s metodickým komentářem pro učitele
připravil M. Škavrada

chemie
05

úloha číslo

Cíle

Cílem této úlohy je sledování rychlosti chemické reakce thiosíranu sodného se zředěnou kyselinou sírovou. Studenti proměří různé koncentrační poměry thiosíranu sodného a kyseliny sírové. Ze zjištěných hodnot reakčních časů sestrojí závislost rychlosti chemické reakce na koncentraci.

Podrobnější rozbor cílů

- Použít odpovídající instrumentální vybavení – turbidimetr PASCO ke změření intenzity zákalu.
- Připravit roztoky thiosíranu sodného o různých koncentracích.
- Provést chemické reakce thiosíranu sodného s kyselinou sírovou v různých koncentračních poměrech.
- Zjistit hodnoty reakčních časů jednotlivých reakcí, tj. času, kdy vznikne koloidní síra.
- Na základě zjištěných hodnot časů sestrojit graf závislosti rychlosti chemické reakce na koncentraci.

Zadání úlohy

Změřte závislost rychlosti chemické reakce thiosíranu sodného se zředěnou kyselinou sírovou na koncentraci thiosíranu sodného. Zjištěné hodnoty rychlostí, vyjádřené převrácenou hodnotou času, vynesete do grafu proti koncentraci. Získanými body proložíte přímkou a zjistíte hodnotu směrnice.

Technická úskalí, tipy a triky

Před zahájením laboratorního cvičení doporučujeme připravit základní roztoky, tj. 0,1 M roztok $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a 1 M H_2SO_4 .

Pomůcky

počítač s USB portem; PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer nebo SPARK jako Interface; PASPORT turbidimetr (zákaloměr); software DataStudio; 0,1 M roztok $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – 50 ml; 1 M roztok H_2SO_4 – 25 ml; skleněná tyčinka; pipeta 10 ml; pipetovací nástavec; 2 kádinky 100 ml; 1 odpadní kádinka 100 ml; popisovač zkumavek (lihový fix); stojánek na zkumavky; 6 zkumavek – asi 20 cm vysoké; stojánek na zkumavky; destilovaná voda – 500 ml; buničina; pracovní návod; pracovní list; ochranné pracovní pomůcky

Zařazení do výuky

Laboratorní úlohu je vhodné zařadit především v rámci učiva obecné chemie (chemické reakce – kinetika chemických reakcí), v anorganické chemii (reakce sloučenin síry).

Časová náročnost

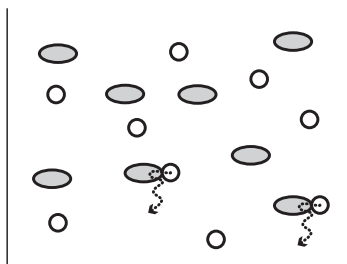
Dvě vyučovací hodiny, tj. 2 × 45 min.

Návaznost experimentů

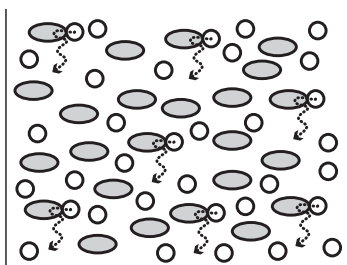
Na tuto úlohu je vhodné navázat tématem – Faktory ovlivňující rychlost chemické reakce (např. teplota, velikost částic).

Mezipředmětové vztahy

biologie – enzymy, metabolismus; fyzika – rozptyl světla



nízká koncentrace
reaktantů



vyšší koncentrace
reaktantů



znázornění probíhající
chemické reakce

Obr. 1: Vliv koncentrace výchozích látek
na rychlost chemické reakce

Teoretický úvod

Rychlost chemické reakce lze vyjádřit tzv. kinetickou rovnicí, která popisuje vztah mezi rychlostí a součinem koncentrací výchozích látek. Každá reakce je charakterizována rychlostní konstantou, která je úměrná rychlosti:

$$v = k \cdot c^a(A) \cdot c^b(B) \quad (1)$$

- v – rychlost chemické reakce
 k – rychlostní konstanta
 $c(A), c(B)$ – koncentrace výchozích látek A, B
 a, b – stechiometrické koeficienty chemické reakce

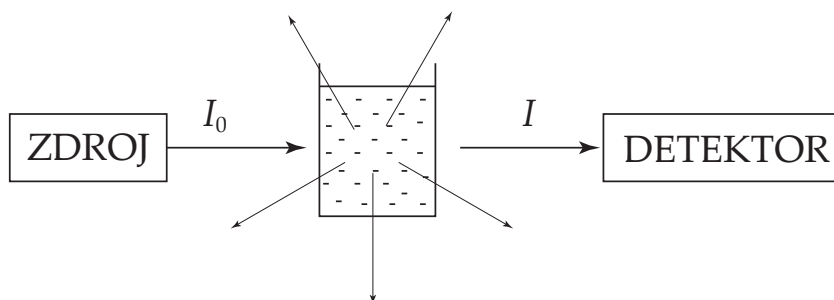
Z kinetické rovnice je tedy zřejmé, že vyšší koncentrace (tj. vyšší počet částic v daném objemu) výchozích látek zvyšuje pravděpodobnost srážky, jak naznačuje obrázek 1.

Dále lze rychlost chemické reakce vyjádřit jako úbytek některé z výchozích látek, nebo přírůstek některého z produktů.

$$v = -\frac{\Delta n_A}{a \cdot \Delta t} = -\frac{\Delta n_B}{b \cdot \Delta t} = \frac{\Delta n_C}{c \cdot \Delta t} = \frac{\Delta n_D}{d \cdot \Delta t} \quad (2)$$

- n_A, n_B – látková množství výchozích látek
 n_C, n_D – látková množství produktů
 Δt – časová změna
 $a-d$ – stechiometrické koeficienty

Z uvedeného vztahu vyplývá, že stejně tak, jak při reakci zaniká výchozí látka A, zaniká i látka B a stejnou rychlostí vznikají produkty reakce C a D. Rychlost chemické reakce lze poměrně snadno sledovat měřením úbytku koncentrace výchozích látek, případně přírůstku koncentrace produktů. K tomu lze využít některé analytické metody. Pokud při chemické reakci vznikají nerozpustné produkty (např. koloidní částice), lze jejich množství sledovat měřením tzv. turbidance. Míra celkového množství světelné energie, která se při průchodu koloidním roztokem rozptýlí do všech stran od původního paprsku, je rozdíl $(1-T)$, kde T je turbidita, která souvisí s původním světelným tokem I_0 a světelným tokem I vycházejícím ve stejném směru a šířkou optického prostředí d .



Obr. 2: Rozptyl světla na koloidních částicích

Turbidita je závislá na teplotě, vlnové délce, velikosti, tvaru a koncentraci částic. Pro průhledné kapaliny dosahuje přibližně 10 000krát menší hodnoty než je tomu u mléka.

Turbidimetr (zákaloměr) PASCO umožňuje sledování množství koloidních částic měřením turbidity do maximální hodnoty. Čas, za který bylo dosaženo maximální hodnoty, lze považovat za konec reakce, jak je naznačeno na obrázku 3.

Motivace

V úvodu se zmíníme o chemických dějích, které probíhají různou rychlostí. Dále necháme studenty, aby tyto děje podle rychlosti srovnali (výbuch, trávení, koroze, kvašení, neutralizace, organické reakce, atd.). Zeptáme se studentů, jakým způsobem by vyjádřili rychlost chemické reakce a jaké fyzikálně-chemické metody by použili. Pohovoříme se studenty o koloidních roztocích, tento pojem můžeme přiblížit na příkladu roztoku mléka ve vodě a demonstrovat rozptyl světla s použitím laserového ukazovátka.

Bezpečnost práce

Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. S chemikáliemi (obzvláště s kyselinou sírovou) zacházejte vždy podle instrukcí pedagoga. V laboratoři používejte ochranné brýle, plášť a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí. K pipetování používejte pipetovací nástavec.

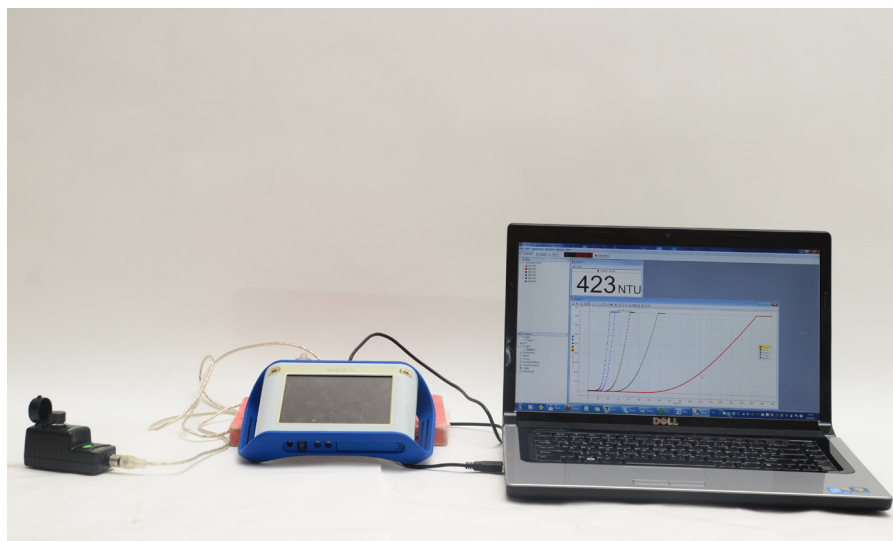
Příprava úlohy

Doporučujeme, aby si studenti nejprve prostudovali teoretickou část a doplnili slovníček pojmů (možno zadat i jako domácí úkol). Ověřte, že studenti přípravou část úlohy opravdu vypracovali.

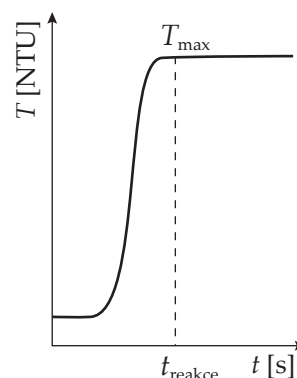
Postup práce

Nastavení HW a SW

Připojte PASCO čidlo zákalu přes USB link (obrázek 4) k počítači nebo využijte propojení přes zařízení SPARK a otevřete odpovídající soubor DataStudia s nastavením parametrů (**ch05_rychlost_reakce.ds**). Tento dokument je dostupný na webu www.expoz.cz



Obr. 4: Zapojení měřicí soustavy



Obr. 3: Časový záznam turbidity při vzniku koloidní síry

Technická úskalí, tipy a triky

Kyselina sírová (H_2SO_4)

způsobuje těžké poleptání. 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 pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).

Třída nebezpečnosti C.

R 35

S 26-30-45

Technická úskalí, tipy a triky

Uvedený soubor lze modifikovat zavřením příslušných oken, tj. *Digits 1*, *Graph 1*. Další okna lze přidat po stisknutí tlačítka *Summary* a přetažením dané volby na pracovní plochu.



Obr. 5: Správné držení kyvety

Technická úskalí, tipy a triky

Pro celkové urychlení úlohy lze odměřit 10 ml odměrným válcem. V tomto případě se však dopustíme nepřesnosti v hodnotách koncentrací připravených roztoků.

Technická úskalí, tipy a triky

Pro co nejpřesnější měření je nutné, aby byla kyveta vložena do turbidimetru co nejdříve. Existuje možnost pipetovat roztoky do kyvety, která je již zasunuta do turbidimetru. V tomto případě musíme dát pozor, aby se pipetované roztoky nedostaly do cely turbidimetru. Každopádně je nutné postupovat u všech měřených koncentrací stejným způsobem.

Příprava měření**Kalibrace turbidimetru (je-li nezbytná)**

Při manipulaci s kyvetami je třeba dávat pozor, abychom se nedotýkali skleněné části (těla kyvety), otisky prstů by mohly způsobit falešně vyšší hodnoty turbidancí. Kyvety držíme za černé víčko nebo za skleněnou část přes buničinu.

Turbidimetr vyžaduje dvoubodovou kalibraci. Jako jeden kalibrační bod poslouží destilovaná voda, jako druhý roztok o známé turbidanci (100 NTU), který je součástí turbidimetru.

- 1) Naplňte kyvetu destilovanou vodou a vložte do turbidimetru, řádně uzavřete víko.
- 2) Stiskněte zelené kalibrační tlačítko, kontrolka se rozsvítí.
- 3) Dokud bliká kontrolka kalibračního tlačítka, vložte do turbidimetru druhý kalibrační roztok (100 NTU). Řádně uzavřete víko.
- 4) Kalibrace je skončena, jakmile kontrolka zhasne.
- 5) K ověření správnosti kalibrace stiskněte tlačítko *START* programu Data Studio, změřená hodnota turbidance by měla být 100 ± 1 NTU.

Příprava roztoků

- 1) Ze zásobního roztoku $0,1 \text{ M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ si odlijte do kádinky o objemu 100 ml asi 50 ml, dále si odlijte do kádinky o objemu 100 ml asi 50 ml destilované vody.
- 2) Označte 5 zkumavek s širším hrdlem o objemu minimálně 20 ml čísly (1–5) a umístěte je do stojánku na zkumavky.
- 3) Postupně napipetujte první pipetou 2, 4, 6, 8 a 10 ml $0,1 \text{ M}$ zásobního roztoku thiosíranu sodného do zkumavek označených čísly 1–5.
- 4) Druhou pipetou přidejte do kádinek 1–5 postupně 8, 6, 4, 2 a 0 ml destilované vody.
- 5) Každý roztok pečlivě protřepejte, případně promíchejte tyčinkou. Před vložením do dalšího roztoku tyčinku vždy pečlivě opláchněte a důkladně osušte.

Pipetované objemy a výsledné koncentrace roztoků jsou přehledně shrnuty v následující tabulce:

č. zkumavky	objem $0,1 \text{ M Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	objem destilované vody	látková koncentrace [mol/l]
1	2	8	0,02
2	4	6	0,04
3	6	4	0,06
4	8	2	0,08
5	10	0	0,10

Tabulka 1: Pipetované objemy na přípravu roztoků

Vlastní měření a záznam dat

- 1) Do měřicí kyvety napipetujte 5 ml roztoku č. 1, k tomuto roztoku přidejte další pipetou 1 ml 1 M roztoku H_2SO_4 . Dbejte na to, aby se roztoky nedostaly na vnější stěnu kyvety. Kyvetu uchopte přes buničinu, a co nejrychleji ji vložte do turbidimetru.
- 2) Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko *START*.
 - Tlačítko *START* se změní na tlačítko *STOP*. Měříte časovou závislost turbidance až do konstantní – maximální hodnoty (asi 400 NTU).

- Po dosažení maximální hodnoty turbidance a její ustálení vyčkáme cca 10–20 s, poté klikneme na tlačítko *STOP*, čímž se ukončí měření a získáme zmíněnou časovou závislost.
- 3) Kyvetu vyjměte z turbidimetru a vypláchněte ji opakovaně destilovanou vodou. V kyvetě by neměly zůstat kapky vody, ani zákal na stěnách. Dbejte na to, abyste se kyvety nedotýkali prsty.
- 4) Body 1 až 3 opakujte pro další koncentrace thiosíranu sodného ve zkumavkách 2–5.
- 5) Kyvetu opět řádně vypláchněte destilovanou vodou.

Analýza naměřených dat

- 1) Klikněte na tlačítko funkce *ZOOM SELECT* a proveďte požadovaný zoom vyhodnocované křivky časové závislosti. Poté klikněte na tlačítko funkce *SMART TOOL*. Umístěte kurzor do změřené závislosti na první dosaženou maximální hodnotu na ose *x*, potom odečtete příslušný čas.
- 2) Zaznamenejte zjištěnou hodnotu času do pracovního listu.
- 3) Tento postup opakujte pro další změřené závislosti. Výpočet můžete provést v tabulkovém procesoru, např. Microsoft Excel. Excelovský soubor na vyhodnocení dat si můžete stáhnout na webu www.expoz.cz.
- 4) Své výsledky v *DATA STUDIO* uložte (nabídka *File* → *Save Activity As...*) na místo, které máte vyhrazeno k ukládání svých souborů.

Informační zdroje

- http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2122_pasport-turbidity-sensor/index.cfm
- <http://www.pasco.com/family/datastudio/index.cfm>
- http://www.pasco.com/prodCatalog/ps/ps-2008_spark-science-learning-system/index.cfm
- <http://cs.wikipedia.org/wiki/Koloid>
- http://cs.wikipedia.org/wiki/Chemick%C3%A1_kinetika
- <http://xerius.jergym.hiedu.cz/~canovm/>
- <http://www.nicotna.osoba.cz/5-chemicka-kinetika>

Hodnocení výsledků

- Sestavili a použili studenti měřicí zařízení správně?
- Postupovali korektně podle pracovního postupu?
- Porozuměli studenti problematice rychlosti chemické reakce a jejího sledování?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Pochopili studenti princip měření zákalu turbidimetricky?
- Došli studenti k závěru, že čím je menší koncentrace výchozích látek, tím je delší reakční čas?
- Odečetli studenti správně hodnoty časů z naměřených závislostí?
- Sestrojili studenti správně graf závislosti látkové koncentrace thiosíranu sodného na převrácené hodnotě času, odečetli správně hodnotu směrnice?

Syntéza a závěr

Poté, co studenti vyplní své pracovní listy, společně shrneme získané poznatky o rychlosti chemické reakce. Popíšeme možnosti měření rychlosti chemické reakce.