

# Le Chatelierův princip

pracovní návod s metodickým komentářem pro učitele  
připravil M. Škavrada

chemie

06

úloha číslo

## Cíle

Seznámit studenty s chemickou rovnováhou, jejím sledováním a ovlivněním. Experimentálně ověřit, jakým způsobem bude ovlivněna acidobazická rovnováha chemické reakce při změně koncentrace, oxoniových resp. hydroxylových iontů.

### Podrobnější rozbor cílů

- Použít odpovídající instrumentální vybavení, tj. senzor pH PASCO.
- Na základě naměřených hodnot rozhodnout, jakým způsobem je ovlivněna acidobazická rovnováha.

## Zadání úlohy

Sledujte časovou závislost pH roztoku kyseliny octové po přidávku roztoku octanu sodného a amoniaku po přidávku roztoku dusičnanu olovnatého.

### Technická úskalí, tipy a triky

Doporučujeme zapojit výstup přes interaktivní tabuli, aby měli studenti možnost sledovat zmíněné časové závislosti hodnot pH.

## Pomůcky

počítač s USB portem; PASPORT USB Link (Interface) nebo Xplorer nebo SPARK jako Interface; PASPORT senzor pH; software DataStudio; 0,5 M roztok  $\text{CH}_3\text{COOH}$  – 50 ml; 0,5 M roztok  $\text{CH}_3\text{COONa}$  – 10 ml; 0,1 M roztok  $\text{NH}_3$  – 50 ml; 1 M roztok  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  – 5 ml; kádinka 150 ml; odměrný válec; buničina; míchadlo (doporučujeme magnetické); pracovní návod

### Zařazení do výuky

Laboratorní úlohu je vhodné zařadit v rámci učiva obecné chemie (acidobazické reakce, chemické rovnováhy), v anorganické chemii (sloučeniny p<sup>3</sup>-prvků).

### Časová náročnost

Deset minut – vlastní provedení s již připravenými roztoky.

### Návaznost experimentů

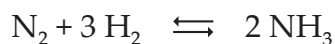
Tuto úlohu je možné zařadit jako navazující na experimenty týkající se chemických rovnováh (srážecí, redoxní) nebo k tématu acidobazických reakcí.

### Mezipředmětové vztahy

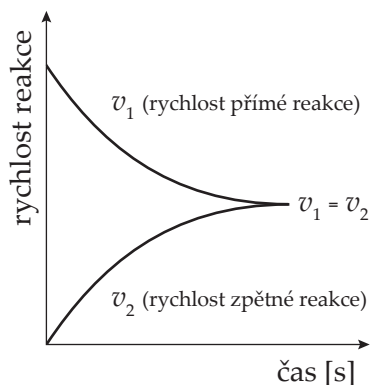
matematika – výrazy

## Teoretický úvod

Řada chemických reakcí je tzv. vratných, což znamená, že probíhá oběma směry. Jako příklad můžeme uvést syntézu a následný rozklad amoniaku.



Rychlost přímé reakce je charakterizována rychlostní konstantou  $k_1$ , rychlost zpětné reakce potom konstantou  $k_2$ . Rychlosti obou reakcí popisuje tzv. kinetická rovnice.



Obr. 1: Dynamická rovnováha

$$\begin{aligned} v_1 &= k_1 \cdot [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3 \\ v_2 &= k_2 \cdot [\text{NH}_3]^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Po určité době se rychlosti obou reakcí vyrovnají, tj. stejnou rychlostí, jakou produkty vznikají, se zároveň rozkládají na výchozí látky, nastává stav dynamické rovnováhy, jak je naznačeno na obrázku 1.

Matematicky lze stav dynamické rovnováhy vyjádřit rovností obou rychlostí a po dosazení získáme výraz:

$$k_1 \cdot [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3 = k_2 \cdot [\text{NH}_3]^2 \quad (2)$$

- $k_1$  – rychlostní konstanta přímé reakce
- $k_2$  – rychlostní konstanta zpětné reakce
- $[X]$  – koncentrace reaktantů a produktů

Pokud vyjádříme poměr  $k_1/k_2$ , získáme vztah pro tzv. rovnovážnou konstantu  $K$ , která charakterizuje míru ustavené rovnováhy. Je-li  $K$  velké číslo, převládají v systému spíše produkty, naopak je-li  $K$  malé číslo, existují v systému spíše reaktanty.

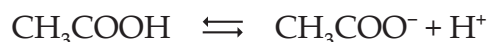
$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} \quad (3)$$

Co se stane, pokud dojde ke změně reakčních podmínek, tj. teploty, tlaku, koncentrace? Tuto otázku si položili H. J. Le Chatelier a K. F. Braun a roku 1884 zformulovali princip akce a reakce, dnes známý jako Le Chatelierův princip.

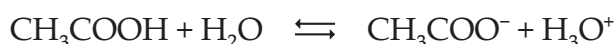
*Porušení chemické rovnováhy vnějším zásahem (akcí) dojde k vyvolání děje (reakce), který směřuje ke zrušení tohoto účinku.*

V praxi to znamená, že pokud dojde ke změně reakčních podmínek, dojde k posunu chemické rovnováhy ve směru produktů nebo výchozích látek. Jako příklad si můžeme uvést zmíněnou reakci. Pokud při teplotě 500 °C a tlaku 40 MPa bude v systému existovat 1 mol amoniaku, tak na dvojnásobné zvýšení tlaku systém zareaguje posunem dynamické rovnováhy ve prospěch produktů a látkové množství amoniaku se zvýší na 1,33 mol.

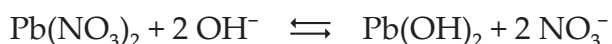
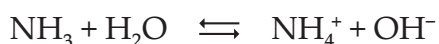
Budeme-li uvažovat acidobazickou rovnováhu, např. disociaci kyseliny octové  $\text{CH}_3\text{COOH}$  podle reakce:



resp.



vyvolá přidavek octanu změnu chemické rovnováhy, tj. disociace, což se projeví změnou pH nebo obdobně, pokud do roztoku amoniaku přidáme roztok olovnatých iontů, dojde k vytvoření nerozpustného  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ . Snížení koncentrace iontů  $\text{OH}^-$  bude mít za následek opět změnu pH. Tento posun chemické rovnováhy probíhá podle reakčního schématu:



## Motivace

Ptáme se studentů, co je to vlastně rovnováha. Můžeme začít příkladem z běžného života. Pokud jde provazochodec po provaze, je jeho rovnováha vysoce nestabilní a při nepatrném zachvění může být jeho rovnováha porušena, na což musí zareagovat změnou polohy těla. Poté je vhodné uvést podobnost s chemickou reakcí a podstatou Le Chatelierova principu, tj. že reakční systém zareaguje na vnější zásah změnou rovnováhy.

## Bezpečnost práce

Doporučujeme běžné ochranné pomůcky (ochranné brýle, plášť), případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

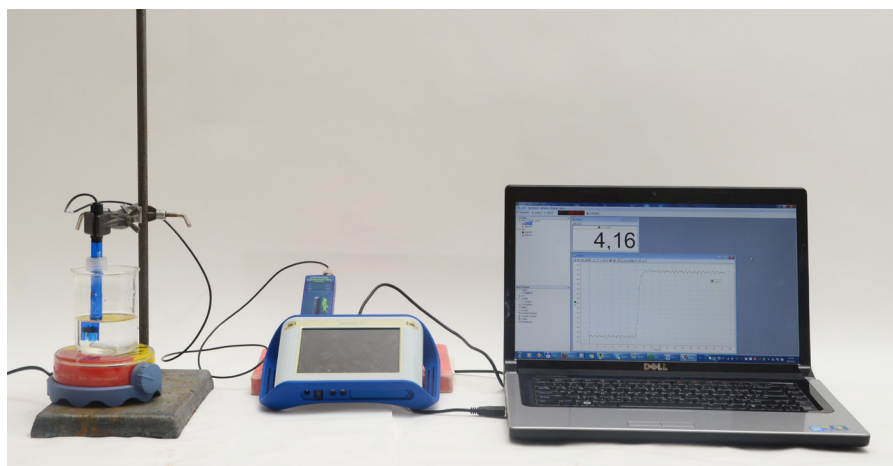
## Příprava úlohy

Doporučujeme připravit roztoky před vlastním experimentem.

## Postup práce

### Nastavení HW a SW

Připojte PASCO senzor pH přes USB link k počítači nebo využijte propojení přes zařízení SPARK (obrázek 2) a otevřete odpovídající soubor DataStudia s nastavením parametrů (**ch06\_le\_chatelieruv\_princip.ds**). Tento dokument je dostupný na webu [www.expoz.cz](http://www.expoz.cz).



Obr. 2: Zapojení měřicí soustavy

### Technická úskalí, tipy a triky

#### Kyselina octová ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

je hořlavina, způsobuje těžké poleptání. Nevdechujte páry. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. Použijte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít. V případě úrazu, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).  
Třída nebezpečnosti C.  
R 10-35  
S 23-26-36/37/39-45

#### Amoniak – vodný roztok ( $\text{NH}_3$ )

způsobuje poleptání, vysoce toxický pro vodní organismy. Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc. Použijte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít. V případě úrazu, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení). Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Sledujte speciální pokyny nebo bezpečnostní listy.  
Třída nebezpečnosti C, N.  
R 34-50  
S 26-36/37/39-45-61

#### Dusičnan olovnatý ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ )

je toxický. Nutnost okamžité lékařské pomoci: nutná při zasažení očí a při požití. Při vdechnutí: přerušit expozici, vynést postiženého na čerstvý vzduch. Pokud dojde k zástavě dýchání, provádět umělé dýchání. Vyhledat lékařskou pomoc. Při styku s kůží: odstranit kontaminované součásti oděvu a kontaminovanou obuv. Zasažené místo omývat velkým množstvím vody. Vyhledat lékařskou pomoc. Při styku s okem: okamžitě po zasažení vyplachovat oči velkým množstvím vody při otevřených očních víčkách (15–20 minut). Vyhledat lékařskou pomoc. Při požití: vypláchnout ústa a vypít asi 0,1–0,2 l vody, podat cca 5 tablet aktivního uhlí. Zvracení vyvolat pouze u osob při vědomí. Ihned vyhledat lékařskou pomoc.  
Třída nebezpečnosti O, T, N  
R 8-20-61/ 22-33-50/53-62

### 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.

**Technická úskalí, tipy a triky**

Při ponoření senzoru pH dbejte na to, aby byl ponořen alespoň 2–3 cm od hladiny a zároveň, aby se magnetické míchadélko nedostalo do kontaktu s elektrodou.

**Příprava měření****Kalibrace pH senzoru (je-li nezbytná):**

- 1) Klikněte na záložku *SETUP* a poté zvolte tlačítko *CALIBRATE*.
- 2) Zvolte 2 bodovou kalibraci (*2 Point*).
- 3) Zapište hodnotu pH pufru č. 1 (např. pH = 4) do textového pole.
- 4) Senzor pH vyjměte z uchovávacího roztoku, opláchněte ji destilovanou vodou a osušte buničinou.
- 5) Vložte senzor pH do roztoku pufru č. 1 (pH = 4).
- 6) Klikněte na tlačítko *READ FROM SENSOR*.
- 7) Vyjměte senzor pH z roztoku a pečlivě ho opláchněte destilovanou vodou a osušte buničinou.
- 8) Body 5)–7) opakujte pro pufr č. 2 (např. pH = 7).
- 9) Klikněte na tlačítko *OK*.
- 10) Zavřete okno *Experiment Setup*.

**Vlastní měření a záznam dat**

- 1) Do kádinky o objemu 150 ml odlijte 50 ml 0,5 M roztoku  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Do odměrného válečku odměřte 10 ml 0,5 M roztoku  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .
- 2) Vložte do kádinky senzor pH, zapněte magnetické míchadlo a spusťte měření.
- 3) Zaznamenávání dat zahajte kliknutím na tlačítko *START*. Tlačítko *START* se změní na tlačítko *STOP*. Po několika sekundách nalijte odměřených 10 ml 0,5 M roztoku  $\text{CH}_3\text{COONa}$  do kádinky a pozorujte změnu pH. Měření ukončete po ustálení hodnoty pH. Měření ukončíte stisknutím tlačítka *STOP*.
- 4) Vyjměte senzor pH, řádně jej opláchněte destilovanou vodou.
- 5) Do kádinky o objemu 150 ml odlijte 50 ml 0,1 M roztoku  $\text{NH}_3$ . Do odměrného válečku odměřte 5 ml 1 M roztoku  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .
- 6) Proveďte měření tak, jak je popsáno v bodě 3).
- 7) Po skončení měření je nutné senzor pH řádně opláchnout, aby na jeho povrchu nezůstaly částice sraženiny  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ .

**Analýza naměřených dat**

Klikněte na tlačítko funkce *SHOW SELECTED STATISTICS* (matematický znak suma) a pomocí šipky zvolte funkce *MIN* a *MAX* pro zobrazení minimální a maximální hodnoty pH. Diskutujte se studenty dosažené výsledky, nechte studenty vysvětlit pozorované změny pH.

**Syntéza a závěr**

Ukázkové výsledky měření s časovými závislostmi pH naleznete na webu [www.expoz.cz](http://www.expoz.cz).

**Informační zdroje**

- <http://www.pasco.com/family/datastudio/index.cfm>
- [http://www.pasco.com/prodcatalog/ps/ps-2008\\_spark-science-learning-system/index.cfm](http://www.pasco.com/prodcatalog/ps/ps-2008_spark-science-learning-system/index.cfm)
- [http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2102\\_pasport-ph-sensor/index.cfm](http://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2102_pasport-ph-sensor/index.cfm)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Henry\\_Louis\\_Le\\_Chatelier](http://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Louis_Le_Chatelier)
- <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/termoche/kinetika/akce.htm>
- <http://www.gvi.cz/files/chemie/chr.pdf>