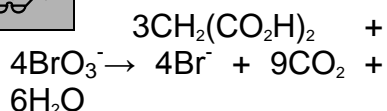


## 10. Katalýza

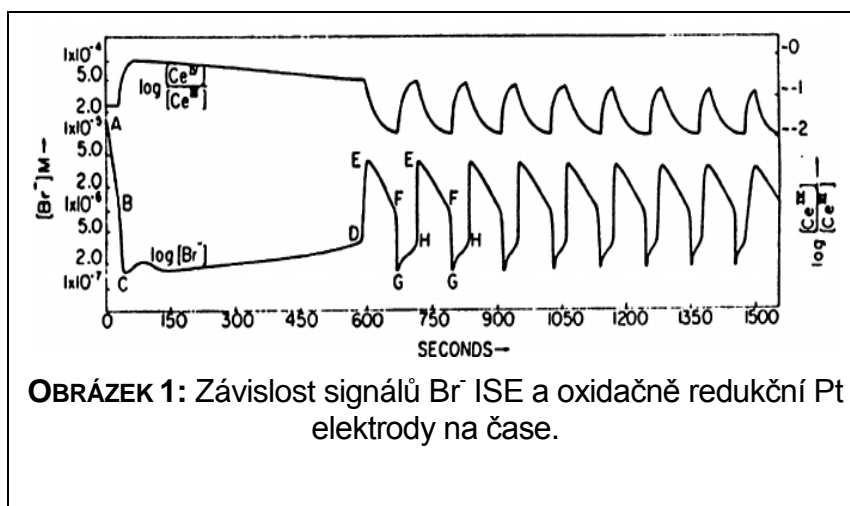
### 10.b. Sledování chemických oscilací reakce Bělousov-Žabotinský



Reakce Bělousov-Žabotinský (BZ) probíhá za katalýzy podle celkové rovnice



Existují různé varianty této reakce lišící se použitou organickou kyselinou či katalyzátorem (nejčastěji se používají kationty  $\text{Cr}^{4+}/\text{Cr}^{3+}$ ), použití bromičnanu je nutno dodržet. Podrobný rozbor této oscilující reakce lze nalézt v odborné literatuře.



**OBRÁZEK 1:** Závislost signálů  $\text{Br}^-$  ISE a oxidačně redukční Pt elektrody na čase.

Celková reakce BZ je výsledkem dílčích reakcí propojených do otevřených cyklických a lineárních sekvencí se zpětnou vazbou. Při vhodné volbě koncentrací reaktantů reakce BZ přechází z inkubační do oscilační fáze, která může trvat i několik minut.

Reakční koordináta vedoucí od výchozích látek k produktům je v oscilační fázi přepínána změnou koncentrace aniontů  $\text{Br}^-$ . Tato vlastnost reakční směsi se projevuje periodickými změnami koncentrací meziproductů (chemickými oscilacemi) a reakční rychlostí reaktantů i produktů v čase (viz **OBRÁZEK 1**).

Vznik oscilací závisí na výchozích koncentracích reaktantů, zejména aniontů  $\text{Br}^-$ , která by měla být okolo  $10^{-4}\text{M}$ . Oscilace se projevují i na periodické změně dalších vlastností reakční směsi. Lze například sledovat i oscilace v absorpčním spektru  $\text{Ce}^{4+}$  (žluté zbarvení roztoku díky absorpci okolo 330nm) nebo ve spektru přidaného oxidačně redukčního indikátoru (např. ferroinu). Perioda a tvar oscilačních vln je dána také teplotou a výchozími koncentracemi reaktantů.



**ÚKOL:** Stanovte oscilující závislosti koncentrace aniontů  $\text{Br}^-$  a oxidačně redukčního potenciálu  $E_{\text{Redox}}$  na čase v katalytické systému BZ. Určete oscilační periodu. Sestavte atraktor. Posuďte, jak se projeví přidavek oxidačně redukčního katalyzátoru (ferroinu) do reakční směsi. Můžete experimentovat i s přidavkem aniontů  $\text{Br}^-$  nebo  $\text{Ce}^{4+}$ .



**POTŘEBY A CHEMIKÁLIE:** bromidová iontově selektivní elektroda (Br-ISE), platinová elektroda, potenciometr pro paralelní měření potenciálu elektrod (např. Seven Multi od firmy Mettler Toledo), PC s programem pro sběr dat. Elektromagnetická rotační mícháčka s míchadlem, 2 vyšší kádinky 100 ml, stojan s držákem elektrod.  $0,006\text{M Ce}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  v  $1,5\text{ M H}_2\text{SO}_4$ ,  $0,187\text{M KBrO}_3$  v  $1,5\text{ M H}_2\text{SO}_4$ ,  $0,807\text{M}$  kyselina

malonová (nebo 0,825M kys. citrónová) v 1,5 M  $H_2SO_4$ , indikátor ferroin (CAS No 14634-91-4) ve vodě, 0,02M KBr, 3 pipety 20ml.



**POSTUP:** Zapneme notebook a seznámíme se s programem na sběr dat a obsluhou potenciometru.

#### Oscilace s přítomností indikátoru.

- Kombinované elektrody (Br-ISE a platinovou oxidačně redukční) vyjmeme z uchovávacích roztoků a upevníme je do držáků. Zkontrolujeme spojení elektrod s potenciometrem a propojení potenciometru s notebookem.
- Smísíme 20ml roztoku 0,006M  $Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$  v 1,5 M  $H_2SO_4$  s 20ml roztoku 0,807M kys. malonové v 1,5 M  $H_2SO_4$  (roztok I). Přidáme malou pipetou 0,5ml indikátoru ferroinu.
- Do kádinky s roztokem I vložíme míchadlo, vše položíme na elektromagnetickou míchačku. Obě elektrody ponoříme do roztoku I tak, aby nemohlo dojít k poškození elektrod otáčejícím se míchadlem.
- Zapneme míchání a spustíme sběr signálů z elektrod.
- Pipetou přidáme 20ml 0,187M  $KBrO_3$  v 1,5 M  $H_2SO_4$  (roztok II).
- Sledujeme inkubační periodu a dále oscilace provázené změnou barvy indikátoru a změnami signálů Br-ISE a Pt elektrody. Zaznameneáme cca 20 cyklů pro Pt a Br- elektrodu.

#### Oscilace bez indikátoru.

- Postupujeme stejně jako v předchozím experimentu, ale nepřidáváme ferroin.
- Barevné změny jsou jiné. Žluté zbarvení je důsledek přítomnosti iontů  $Ce^{4+}$ .



**PROTOKOL: GRAFY 1-4:** závislosti potenciálů elektrod na čase (signály z Pt elektrody a Br- elektrody s ferroinem i bez ferroinu). **GRAF 5 - 6:** Zobrazení atraktoru oscilací ve fázovém prostoru (tj. závislost napětí kombinované Pt elektrody na signálu Br- ISE) **DÁLE:** průměrná hodnota oscilační periody (Pt elektrody a Br-ISE elektrody s ferroinem i bez ferroinu).