

**Alkáliföldfém–vas(III)-tartalmú réteges kettős hidroxidok előállítása,  
szerkezetvizsgálata és módosítása akrilsavszármazékokkal**

*PhD Tézisek*

**Srankó Dávid Ferenc**

Témavezetők:

Sipos Pál és Pálinkó István

Anyag- és Oldatszerkezeti Kutatócsoport  
Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék és Szerves Kémiai Tanszék  
Szegedi Tudományegyetem

Szeged

2012



## Bevezetés

A réteges kettős hidroxidok (LDH-k) a brucithoz  $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$  hasonló szerkezettel jellemezhetőek, csak itt a kétértékű fémionok egy részét háromértékű fémionok helyettesítik. Ezért a rétegeknek, amelyekben a két- és háromértékű fémionok oktaédes koordinációban vannak, pozitív töltésük van. Ezt a pozitív töltést általában, részben vagy teljesen hidratált szervetlen anionok kompenzálják. Az LDH-k szerkezete jól alakítható, ezért sokféle területen felhasználhatók: lehetnek katalizátorhordozók, katalizátorok, égést visszatartó/lassító anyagok, biológiailag aktív vegyületek hordozói, hogy csak néhány példát említsek. Bár egy a természetben is elforduló ásványcsoportról van szó, gyakorlati alkalmazásukhoz szintetikus úton állítják elő őket. A legismertebb és leggyakrabban használt képviselőjük a szintetikus hidrotalcit, amelynek rétegeit  $\text{Mg}(\text{II})$  és  $\text{Al}(\text{III})$  fémionok alkotják. Általánosan elfogadott szabály, hogy az LDH-k sikeres szintéziséhez a két és háromértékű fémionokat úgy kell megválasztani, hogy azok ionrádiuszai jelentősen ne térjenek el egymástól. Ezt figyelembe véve igen változatos összetételű LDH-kat állítottak már elő, ám egyiküket sem tanulmányozták annyira alaposan, mint a  $\text{Mg}(\text{II})\text{Al}(\text{III})$ -LDH-t, a hidrotalcitot.

Az ilyen típusú anyagok anioncserélő tulajdonságából következően sokféle, különböző funkciójú hibridanyag előállítása lehetséges. Eredetileg az egyszerű szervetlen anionokat nagyobb izopoli- vagy heteropolisavak anionjaira cserélték, amivel olyan, a szigorú reakciókörülményeket is jól tűrő katalizátorokat akartak előállítani, amelyekben a sav-bázis tulajdonságok (a legtöbb kezeletlen LDH bázikus tulajdonságú) kombinálódnak a polisavak redoxi sajátságaival, és kihasználhatók a gazda LDH réteges sajátságaiból származó alakszelektivitás is. Ahogy az a későbbiekben kiderült, a közvetlen ioncsere nem is olyan egyszerű feladat, mint ahogy azt korábban feltételezték. Sokkal könnyebben kivitelezhető az anioncsere úgy, ha több lépésben valósítják meg. Az eredeti anionokat először nagyméretű szerves anionokkal cserélik ki, amelyekkel a réteget kitámasztják, így a rétegek közötti térbe a nagy szervetlen anionok már könnyebben be tudnak épülni. Nem is annyira régen viszont arra is fény derült, hogy az első lépéssel – kisebb szervetlen anionok szerves anionra cserélésével – sokkal érdekesebb, funkciójukban is hasznosabb új anyagokhoz lehet jutni.

A disszertációhoz vezető kísérleti munka kezdetén, extrém lúgos körülmények között (a NaOH koncentrációja nagyobb volt 10 M-nál) sikerült előállítanunk  $\text{Ba}(\text{II})/\text{Fe}(\text{III})$ -tartalmú kettős hidroxidot. A kísérleti munka során, annak ellenére, hogy a két fém ionrádiuszai jelen-

tósen eltérnek egymástól [0.149 nm a Ba(II) és 0.069-0.079 nm a Fe(III) esetében] bebizonyosodott, hogy a kettős hidroxid réteges szerkezetű. Ez a megfigyelés jelentősen eltért attól, amit a terület kutatói az LDH-k képződéséről eddig hittek. Úgy láttuk, hogy ezen az úton érdemes továbbmennünk, és vizsgálatainkat a következő irányokba kiterjesztenünk:

1. a kísérleti körülmények szisztematikus változtatásával a Ba(II)Fe(III)-LDH keletkezéséhez szükséges feltételek leírása,
2. az új anyag szerkezeti jellemzése a lehető legtöbb szerkezetvizsgáló módszer alkalmazásával,
3. a szintézismódszer kiterjesztése az alkáliföldfém sor többi tagjára is úgy, hogy a háromértékű fém minden esetben a Fe(III) maradjon,
4. a kapott anyagok jellemzése az összes általunk elérhető módszerrel,
5. a lehető legmegfelelőbb szintézismódszer kikísérletezése olyan szervetlen-szerves hibridanyagok előállítására, amelynél a gazda anyag a Ca(II)Fe(III)-LDH és a vendég anionok pedig akrilátszármazékok,
6. a kapott szerves-szervetlen hibridanyagok jellemzése az összes általunk elérhető módszerrel,
7. a szerves-szervetlen hibridanyagok felhasználása nanoreaktorként, [2+2] foto-iniciált topotaktikus ciklizációs reakciókban.

## Kísérleti rész

### *Anyagok és szintézismódszerek*

Minimális karbonáttartalmú, koncentrált NaOH (~20 M) törzsoldatot Millipore MilliQ víz és *a.r.* tisztaságú szilárd NaOH felhasználásával készítettem. A pontos koncentrációt a lúgoldat sűrűsége alapján határoztam meg. Az oldatot légmentesen lezárt, lúgálló Pyrex üvegben tároltam, a levegő CO<sub>2</sub>-jától elzárva, ezzel megakadályozva a további karbonátosodást. A kísérleti munka során ebből a lúgoldatból hígítással állítottam elő a szintézisekhez szükséges különféle koncentrációjú NaOH-oldatokat ( $c_{[\text{NaOH}]T} = 10 \text{ M}, 5 \text{ M}, 3 \text{ M}, 2 \text{ M}, 1 \text{ M}$ , a kívánt terméktől függően). A szintézisekhez felhasznált anyagok a következők voltak: Ca(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O (*p.a. grade*), Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O (*p.a. grade*), Sr(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O, (*p.a. grade*),

Ba(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O, (*p.a. grade*), Fe(ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·xH<sub>2</sub>O (*p.a. grade*), cc. HClO<sub>4</sub> (ca. 30 m/m%, *p.a. grade*), CaCl<sub>2</sub>, (*puriss*), MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, (*a.r. grade*) FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O (*puriss special*), HCl.

A Ca(Mg, Sr, Ba)Fe kettős hidroxidokat együttes lecsapással állítottam elő. A szintézis során a két fémion sóját különböző arányokban tartalmazó oldatot lassan csepegtetve adagoltam a forró (kb. 80 °C) NaOH-oldatba, folyamatosan kevertetés mellett, N<sub>2</sub> atmoszféra alatt. Az így keletkezett csapadékot légszárzra szűrtem lúgálló vákuumszűrőt (Nalgene) és szűrőmembránt (Versapor, 0.45 μm) alkalmazva, és CO<sub>2</sub>-mentes környezetet biztosítva. A kapott szilárd anyagot kis mennyiségű, tiszta és forró NaOH-oldattal mostam, amelynek koncentrációja megegyezett a szintézishez használt lúgoldat koncentrációjával. Az így kapott terméket szobahőmérsékleten, exszikkátorban tároltam vízmentes SiO<sub>2</sub> felett.

#### *Vizsgálati módszerek*

A termoanalitikai vizsgálatokat egy Setaram Labsys derivatográfival végeztem, N<sub>2</sub> atmoszféra alatt, 2 °C/perc felfűtési sebességet alkalmazva.

A (por)röntgen diffraktogramokat a 5–55 ° (2Θ) tartományban, 4°/perc szkennelési sebesség mellett egy Philips PW1710 készüléken vettem fel Cu<sub>Kα</sub> sugárzást (λ = 1,5418 Å) használva. A reflexiók helyzetét Gauss-típusú függvények illesztésével határoztam meg. A reflexiók pozíciói 0.05° (2 Θ) pontossággal reprodukálhatóak voltak. Ez alapján a bázislap távolságokat ±0.1 Å pontossággal tudtam meghatározni.

Az előállított termékekre jellemző morfológiai tulajdonságok, hozzávetőleges kémiai összetétel meghatározásához és az elemtérkép felvételéhez Hitachi S-4700 pásztázó elektronmikroszkópot használtam, 10 kV gyorsító feszültséget alkalmazva. Az anyagok kémiai összetételét a mikroszkóphoz csatolt energiadiszipatív mikroanalitikai készülékkel (Röntec QX2 EDS) határoztam meg.

A <sup>57</sup>Fe Mössbauer-spektrumok felvétele kb. 3×10<sup>9</sup> Bq aktivitású Rh mátrixba ágyazott <sup>57</sup>Co magokat tartalmazó Mössbauer-forrással történt a folyékony N<sub>2</sub> hőmérsékletén (78 K), hagyományos Mössbauer berendezést (Wissel and Ranger) használva, transzmissziós geometriában.

Röntgensugár abszorpciós spektrumokat a svédországi Lundi egyetem MaxLab szinkrotronjában, az I811 állomáson vettük fel. A mérőállomás egy szupravezető többpólusos sugárforrás, ami a 1.5 GeV gyorsító feszültségű MAX II tároló gyűrűhöz kapcsolódik. A

sugárzás energiája a 2.4–12 keV tartományban szabályozható. A besugárzás maximális fluxusa 9 keV-nál  $5 \times 10^{11}$  volt a minta  $0.5 \times 0.5$  mm felületén. A méréseket fluoreszcenciás módban a Fe–K abszorpciós élén (7112 eV) végeztük. A mintatartó teflonból készült, ablaka Kapton (polyamid) szalag volt. A mintát, magas vastartalma miatt, a mérésekhez minden esetben bórnitriddel porítva hígítottuk. A teljes mintaelőkészítés légmentes környezetben történt. A spektrumok értékeléséhez az EXAFSPAK és a FEFF programcsomagokat használtuk fel.

Az interkaláció módját FT-IR spektroszkópia segítségével tanulmányoztam. Az ehhez szükséges spektrumokat egy Bruker 66V FTIR spektrométerrel (felbontása  $0.25 \text{ cm}^{-1}$ ) és a hozzákapcsolt Bruker Hyperion 3000 IR mikroszkóppal vettem fel. Egy spektrumot 256 szkemből állítottam elő. A spektrumok alapvonal-korrekciójához, szükség szerinti simításához és a gazda LDH spektrumának kivonásához az OPUS programcsomagot használtam fel.

A fotokémiai reakciókat a szerves-szervetlen nanokompozitok megvilágításával iniciáltam, amelyhez egy MAX-302 Xenon fényforrást (Asahi Spectra) használtam. A megvilágítást 250–400 nm közé eső hullámhossztartományban 5–90 perc időtartamig végeztem. A megvilágítást, mind a szilárd interkalált, mind a tiszta, LDH mentes anyagok esetén is elvégeztem.

Az interkalált karboxilátionok méretét, a PM3 szemiempirikus kvantumkémiai módszerrel történt teljes szerkezetoptimalizálás után határoztam meg a Hyperchem 8.0 molekulamodellező szoftvercsomag "periodic box" opciójának segítségével.

### 3. Új tudományos eredmények

**1. Újfajta réteges kettős hidroxidot, Ba(II)Fe(III) LDH-t állítottam elő, amely érvényteleníti azt az általánosan elfogadott nézetet, miszerint az LDH-k sikeres szintéziséhez a két- és háromértékű fémionok ionrádiuszának hasonlóknak kell lennie.**

1.1 Sokféle szerkezetvizsgáló módszerrel (XRD,  $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer spektroszkópia, SEM–EDX elem térképek, TG–DTG) bebizonyítottuk, hogy Ba(II)- és Fe(III)-sók vizes oldatának együttes lecsapásával réteges kettős hidroxidot lehet előállítani extrém lúgos közegben ( $c_{\text{NaOH}} \geq 10 \text{ M}$ ), ha a Ba(II):Fe(III) arány 2:1–4:1 intervallumban van.

**2. Röntgensugár abszorpció (XAS) mérések alapján sikeresen meghatároztuk a Ba(II)Fe(III)-LDH-ban a Fe(III) lokális környezetét az első koordinációs szférában és a Fe–O(Ba, Fe, O) távolságokat az első és a harmadik koordinációs szférában.**

2.1 Az LDH-ban a Fe(III) oktaédes koordinációjú. Hőkezelés hatására 453 K felett az LDH szerkezete torzul és a koordináció tetraédesréssé kezd alakulni. Az XAS spektrumok alapján a második és harmadik koordinációs szférában ez jól megfigyelhető, majd 520 K-nél az első koordinációs szférában végbemenő változások is egyértelművé teszik a réteges szerkezet teljes összeomlását.

2.2 Az LDH-ban a Fe(III) oktaédes koordinációjú, a Fe–O távolság ~200 pm az első és ~400 pm a harmadik koordinációs szférában. A második koordinációs szférában a Fe(III)- és a Ba(II)-ionok közötti távolság ~300 pm.

**3. Olyan réteges kettős hidroxidok esetében ahol az alkáliföldfém Mg(II)- vagy Ca(II)-ion volt, az optimális szintéziskörülmények a „normál” lúgos tartományba estek.**

3.1 A szintézisparaméterek szisztematikus változtatásával, a keletkezett termékek XRD, TG-DTG, SEM, SEM–EDX elem analízis vizsgálata alapján megállapítható, hogy a Mg(II)[Ca(II)]Fe(III)-tartalmú LDH-k együttes lecsapással történő előállításakor előnyös a CO<sub>2</sub>-mentes környezet, és az, ha a reakcióelegy végső pH-ja nem haladja meg a 13-at.

**4. Sr(II)Fe(III)-LDH-t együttelecsapásos módszerrel nem sikerült előállítani a szintézishez használt lúg oldat töménységétől függetlenül.**

4.1 Az együttes lecsapáshoz használt NaOH-oldat koncentrációját a „normál” lúgos tartománytól (2 M) az extrém lúgos tartományig növelve, és a Sr(II):Fe(III) arányt a

2–6:1 tartományban változtatva, sikerült kettős hidroxidokat előállítani (SEM–EDX mérések), azonban ezek az anyagok nem réteges szerkezetűek (XRD adatok).

**5. Az új, akrilát–Ca(II)Fe(III)-LDH-k előállításához a dehidratációs-rehidratációs módszer bizonyult a legkedvezőbbnek. Az interkalált szerves anionok lehetséges helyzetét molekulamodellezéssel és röntgendiffrakciós vizsgálatok segítségével határoztam meg.**

- 5.1 Sokféle szintézismódszert kipróbálva (közvetlen anioncsere, a szerves és a szervetlen sók együttes lecsapása, a gazda LDH dehidratálást követő rehidratálása szerves anionok jelenlétében) az utolsó, a dehidratációs-rehidratációs módszer bizonyult a legkedvezőbbnek akrilát[*E*-3-fenilpropenoát, *E*-3(4'-nitrofenil)propenoát, *E*-3(2',5'-difluorfenil)propenoát, *E*-3(4'-klórbenzoil)propenoát, *E*-2-ciano-3-fenilpropenoát, *E*-3(4'-imidazoil)propenoát vagy *E*-3(2'-tienil)propenoát]–Ca(II)Fe(III)-LDH előállításához.
- 5.2 A rétegek közötti térben a szerves anionok helyzetét az XRD mérések alapján számolt bázislap-távolságok, a becsült rétegvastagság és az akrilát anionok kvantumkémiailag számolt dimenziói alapján valószínűsítettem.

**6. Akrilát–Ca(II)Fe(III)-LDH-kban, mint nanoreaktorokban fotoiniciált topotaktikus [2+2] ciklizációs reakciók játszódtak le megvilágítás hatására sok származék esetén [*E*-fenilpropenoát–, *E*-3(4'-nitrofenil)propenoát–, *E*-3(2',5'-difluorfenil)propenoát– és *E*-3(2'-tienil)propenoát–Ca(II)Fe(III)-LDH-k], ciklobután-származékokat eredményezve a gazdaanyag rétegei közötti térben.**

- 6.1 A ciklizációs reakciók lejátszódása, illetve eredményessége az  $\sim 1560\text{--}1640\text{ cm}^{-1}$  hullámszám-tartományban található C=C rezgések változásával jól detektálhatók. A reakció lejátszódása egyben azt is jelentette, hogy az interkalált anionok a rétegek között a megfelelő helyzetben és egymáshoz kellően közel helyezkednek el ahhoz, hogy sikeres legyen a ciklobután-származékok képződése.
- 6.2 A különféle mért adatok alapján a *E*-3(4'-klórbenzoil)propenoát, a *E*-2-ciano-3-fenilpropenoát, az *E*-2,3-dimetilpropenoát és az *E*-3(4'-imidazoil)propenoát interkalációja Ca(II)Fe(III) LDH-ba egyértelműen sikeresnek bizonyult, de a rétegek közötti térben elfoglalt helyzetük, és/vagy az egymás között lévő távolságuk nem tette lehetővé a topotaktikus reakció lejátszódását.



#### **4. Az eredmények gyakorlati hasznosítása**

Bemutatott eredményeink az alapkutatások témakörébe tartoznak. Az általunk készített szerves-szervetlen nanokompozitok, mint nanoreaktorok a szintetikus preparatív kémia területén játszhatnak fontos szerepet, lehetővé téve a reakciók szelektivitásának növelését, a nem kívánt, a környezetet fölöslegesen megterhelő melléktermékek képződésének mérséklését, esetleg teljes elkerülését.

## 5. Az értekezés témaköréhez közvetlenül kapcsolódó közlemények

1. **Srankó, D.**, Pallagi, A., Pálinkó, I., Kuzmann, E., Canton, S.E., Walczak, M., S. Sipos, P.:  
Synthesis and structural features of a novel Ba(II)-Fe(III)-layered double hydroxide, *Insights into Coordination, Bioinorganic and Applied Inorganic Chemistry*, (Melník, M., Segľa, P., Tatarko, M.), ISBN 978-80-227-3085-3, Press of Slovak University of Technology, Bratislava, 2009, pp. 380–385.
2. **Srankó F.D.**, Sipiczki, M., Bajnóczi, G.É., Pálinkó, I., Sipos, P.:  
Alkáliföldfém- és vastartalmú réteges kettős hidroxidok előállítási lehetőségei (Synthesis possibilities of layered double hydroxides with alkaline earth metal and iron(III) ions), *Kémiai Előadói Napok (Chemistry Lectures), Program és előadásösszefoglalók*, pp. 134–138 (2009).
3. **Srankó, D.F.**, Pallagi, A., Bajnóczi, É.G., Canton, S., Norén, K., Kuzmann, E., Homonnay, Z., Vértes, A., Pálinkó, I., Sipos, P.:  
Application of XAFS/XANES spectroscopy for the determination of the local structure of iron(III) in a novel Ba(II)Fe(III)-layered double hydroxide, *MAX-LAB Activity Report 2009* (Johansson, U., Nyberg, A., Nyholm, R., eds.), 2010 pp. 326–327.
4. **Srankó, D.**, Sipiczki, M., Szabó, M., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Cinnamát-réteges kettős hidroxid nanokompozitok készítése és szerkezeti jellemzése (Preparation and structural characterisation of cinnamate-L(ayered) D(ouble) H(ydroxide) nanocomposites), *Műszaki Kémiai Napok 2010, Konferencia Kiadvány (Conference of Chemical Engineering 2010, Conference Proceedings)*, Veszprém (Hungary) pp. 202–206 (2010).
5. (a) **Srankó, D.**, Pallagi, A., Kuzmann, E., Canton, S.E., Walczak, M., Sápi, A., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Synthesis and properties of novel Ba(II)-Fe(III)-layered double hydroxides, *Appl. Clay Sci.* **48**, 214 (2010).  
(b) Erratum to “Synthesis and characteristic properties of novel Ba(II)Fe(III) layered double hydroxides” *Appl. Clay Sci.* **52**, 192 (2011).  
IF<sub>2010</sub>: 2.303                      IH: 7
6. **Srankó, D.**, Sipiczki, M., Bajnóczi, É.G., Darányi, M., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Canton, S.E., Norén, K., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
A SEM, EDX and XAS characterization of Ba(II)Fe(III) layered double hydroxides, *J. Mol. Struct.* **993**, 62 (2011).  
IF<sub>2011</sub>: 1.634                      IH: 1

7. **Srankó, D.**, Sipiczki, M., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Double hydroxides containing alkaline earth and iron(III) ions – synthesis, and characterisation,  
*New Trends in Coordination, Bioinorganic and Applied Inorganic Chemistry*, (Melník, M., Segľa, P., Tatarko, M.), ISBN 978-80-227-3509-4, Press of Slovak University of Technology, Bratislava, 2011, pp. 536-544.
8. **Srankó, D.**, Muráth, Sz., Sipiczki, M., Szabó, M., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
A possible nanoreactor: CaFe-L(ayered)D(ouble)H(ydroxide) with intercalated cinnamate derivatives,  
*Mater. Sci. Forum* (in press).
9. **Srankó, D.F.**, Muráth, Sz., Canton, S., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Radiation induced topotactic [2+2] dimerisation of acrylate derivatives among the layers of a CaFe layered double hydroxide followed by IR spectroscopy,  
*J. Mol. Struct.* (submitted for publication).  
IF: 1.634                      IH: –
10. **Srankó, D.F.**, Tasi, Á., Canton, S., Pálinkó, I., Sipos, P., Haase, D.:  
*In situ* XRD study of the rehydration process of iron-based layered double hydroxide – preliminary work,  
*MAX-LAB Activity Report 2011* (Johansson, U., Nyberg, A., Nyholm, R., eds.), 2012 (in press).
11. **Srankó, D.F.**, Engdahl, A., Canton, S.E., Haase, D., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Solid-state photoinitiated isomerisation and cyclisation reactions among the layers of layered double hydroxides,  
*MAX-LAB Activity Report 2011* (Johansson, U., Nyberg, A., Nyholm, R., eds.), 2012 (in press).

## 6. Az értekezés témaköréhez közvetlenül kapcsolódó konferenciamegjelenések

1. **Srankó, D.**, Pallagi, A., Pálinkó, I., Kuzmann, E., Canton, S., Walczak, M., S. Sipos, P.:  
Synthesis and structural features of a novel Ba(II)-Fe(III)-layered double hydroxide,  
*XXII Int. Conf. Coord. Bioinorg. Chem. (XXII ICCBIC) – Book of Abstracts*, Smolenice, Slovak Republic), 2009, p. 109. (szóbeli előadás)
2. **Srankó F.D.**, Sipiczki, M., Bajnóczi, G.É., Pálinkó, I., Sipos, P.:  
Alkáliföldfém- és vastartalmú réteges kettős hidroxidok előállítási lehetőségei (Synthesis possibilities of layered double hydroxides with alkaline earth metal and iron(III) ions),  
*Kémiai Előadói Napok (Chemistry Lectures), Program és előadásösszefoglalók*, 2009, Szeged (Hungary), p. 11. (szóbeli előadás)

3. **Srankó, D.**, Sipiczki, M., Szabó, M., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Cinnamát–réteges kettős hidroxid nanokompozitok készítése és szerkezeti jellemzése (Preparation and structural characterisation of cinnamate–L(ayered) D(ouble) H(ydroxide) nanocomposites),  
*Műszaki Kémiai Napok 2010*, Veszprém (Hungary), Nanotechnológia #4, (2010). (szóbeli előadás)
4. **Srankó, D.**, Sipiczki, M., Bajnóczi, É.G., Darányi, M., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Canton, S.E., Norén, K., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
A SEM, EDX and XAS characterization of Ba(II)Fe(III) layered double hydroxides,  
*30th European Congress on Molecular Spectroscopy (EUCMOS XXX)*, Florence (Italy), 2010, OR-1-B-C-1, Book of Abstracts, p. 154. (szóbeli presentation)
5. **Srankó, D.F.**, Bajnóczi, É.G., Sipiczki, M., Canton, S.E., Norén, K., Haase, D., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Synthesis and structural characterization of novel Ba(II)Fe(III) layered double hydroxides,  
*23rd MaxLab Annual User Meeting*, 2010, Lund (Sweden). (poszter)
6. **Srankó, D.F.**, Sipiczki, M., Canton S.E., Norén, K., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Preparation and characterisation of cinnamate–L(ayered)D(ouble)H(ydroxide) nanocomposites,  
*Annual Meeting and Nanosafety Symposium*, AF-Borgen, Lund (Sweden), 2010. (poszter)
7. **Srankó, D.**, Sipiczki, M., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Double hydroxides containing alkaline earth and iron(III) ions – synthesis, and characterisation,  
*XXIII Int. Conf. Coord. Bioinorg. Chem. (XXIII ICCBIC) – Book of Abstracts*, Smolenice, Slovak Republic, 2011, p. 140. (szóbeli előadás)
8. **Srankó, D.**, Muráth, Sz., Sipiczki, M., Szabó, M., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
A possible nanoreactor: CaFe–L(ayered)D(ouble)H(ydroxide) with intercalated cinnamate derivatives,  
*VI Int. Mater. Symp. MATERIAIS 2011*, Guimarães (Portugal), 2011, Book of Abstracts. p. 169. (szóbeli előadás)
9. **Srankó, D.**, Muráth, Sz., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
CaFe–L(ayered)D(ouble)H(ydroxide)–acrylate nanohybrids – synthesis and structural characterisation,  
*16th Int. Symp. Intercalat. Comp. (ISIC16)*, Seč-Ústupy (Czech Republic), 2011, Book of Abstracts, p. 218. (poszter)

10. **Srankó, D.F.**, Muráth, Sz., Canton, S., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.: Radiation induced topotactic [2+2] dimerisation of acrylate derivatives among the layers of a CaFe layered double hydroxide followed by IR spectroscopy, *XXXI European Conference on Molecular Spectroscopy (EUCMOS XXXI)*, Cluj (Roumania), 2012 (accepted). (poszter)

## 7. Egyéb közlemények

1. Balázs, N., Mogyorósi, K., **Srankó, D.F.**, Pallagi, A., Alapi, T., Oszkó, A., Dombi, A., Sipos, P.:  
The effect of particle shape on the activity of nanocrystalline TiO<sub>2</sub> photocatalysts in phenol decomposition,  
*Appl. Catal. B* **84**, 356-362 (2008).  
IF<sub>2008</sub>: 4.853                      IH: 28
2. Bajnóczi, É., Balázs, N., Mogyorósi, K., **Srankó, D.**, Ambrus, Z., Canton, S.E., Norén, K., Kuzmann, E., Vértes, A., Zoltán Homonnay, Z., Albert Oszkó, A., Pálinkó, I., Sipos, P.:  
The local structure of Fe(III) in doped TiO<sub>2</sub> photocatalysts studied with X-Ray absorption spectroscopy,  
*MAX-LAB Activity Report 2009* (Johansson, U., Nyberg, A., Nyholm, R., eds.), 2010 pp. 304-305.
3. Sipiczki, M., **Srankó, D.**, Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Alkáliföldfém- és vasat tartalmazó réteges kettős hidroxidok előállításának optimalizálása (Layered double hydroxides containing alkaline earth metals and iron – optimisation of their synthesis),  
*Kémiai Előadói Napok (Chemistry Lectures), Program és előadásösszefoglalók*, pp. 176-180 (2010).
4. Balázs N., **Srankó D.F.**, Dombi A., Sipos P., Mogyorósi K.:  
The effect of particle shape on the activity of nanocrystalline TiO<sub>2</sub> photocatalysts in phenol decomposition. Part 2: The key synthesis parameters influencing the particle shape and activity  
*Appl. Catal. B* **96**, 569 (2010).  
IF<sub>2010</sub>: 4.749                      IH: 7
5. Mogyorósi K., Balázs N., **Srankó D.F.**, Tombacz E., Dekány I., Oszkó A., Sipos P., Dombi A.:  
The effect of particle shape on the activity of nanocrystalline TiO<sub>2</sub> photocatalysts in phenol decomposition. Part 3: The importance of surface quality,  
*Appl. Catal. B* **96**, 577 (2010).  
IF<sub>2010</sub>: 4.749                      IH: 8

6. Bajnóczi, É.G., Balázs, N., Mogyorósi, K., **Srankó, D.F.**, Papp, Zs., Ambrus, Z., Canton, S.E., Norén, K., Kuzmann, E., Vértes, A., Homonnay, Z., Oszkó, A., Pálinkó, I., Sipos, P.:  
The influence of the local structure of Fe(III) on the photocatalytic activity of doped TiO<sub>2</sub> photocatalysts – an X-ray absorption spectroscopic study,  
*Appl. Catal. B* **103**, 232 (2011).  
IF<sub>2011</sub>: 5.625                      IH: 5
  
7. Sipiczki, M., **Srankó, D.F.**, Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Synthesis and characterisation of alkaline earth–iron(III) double hydroxides,  
*Chem. Pap.* **65**, 840 (2011).  
IF<sub>2011</sub>: 1.096                      IH: –
  
8. Tasi, Á., **Srankó, D.F.**, Canton, S., Pálinkó, I., Sipos, P., Haase, D.:  
The rehydration mechanism of layered double hydroxides containing various di- and trivalent metals using in situ XRD – a comprehensive study,  
*MAX-LAB Activity Report 2011* (Johansson, U., Nyberg, A., Nyholm, R., eds.), 2012 (in press).
  
9. Sipiczki, M., **Srankó, D.F.**, Szöllösi, Gy., Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó, I.:  
Preparation, characterisation and some reactions of organocatalysts immobilised between the layers of a CaFe-layered double hydroxide,  
*Top. Catal.* (in press).  
IF<sub>2011</sub>: 2.624                      IH: –

## 8. Egyéb konferenciamegjelenések

1. Sipiczki, M., **Srankó, D.**, Szöllösi, Gy., Sipos, P., **Pálinkó, I.**:  
N-containing saturated heterocycles intercalated in layered double hydroxide – easily processable immobilised organocatalysts,  
*Hybrid Materials 2011 – Second International Conference on Multifunctional Hybrid and Nanomaterials*, Strasbourg (France), 2011, C.2.6.3. (poszter)
  
2. Sipiczki, M., **Srankó, D.**, Kukovecz, Á., Kónya, Z., Sipos, P., Pálinkó I.:  
Preparation, characterisation and some reactions of organocatalysts immobilised between the layers of a layered double hydroxide,  
*Europacat 10*, Glasgow (United Kingdom), 2011, PT6. (poszter)
  
3. Bajnóczi, É.G., Balázs, N., Mogyorósi, K., **Srankó, D.**, Papp Zs., Ambrus, Z., Kuzmann, E., Homonnay, Z., Oszkó, A., Pálinkó, I., Sipos, P.:  
The photocatalytic activity of Fe(III)-doped titania – the influence of the local structure,  
*11th Pannonian International Symposium on Catalysis*, Obergurgl (Austria), 2012, (accepted). (szóbeli előadás)

4. Haase, D., **Srankó, D.F.**, Tasi, Á., Sipos, P. Pálinkó, I., Canton, S.E.:  
Novel rehydration mechanism of iron-based layered double hydroxides,  
*27th European Crystallographic Meeting (ECM 27)*, Bergen (Norway), 2012.  
(poszter)

közleményszám

összes: 20

az értekezéshez kapcsolódó: 11

hatástényező

összes: 29.267

az értekezéshez kapcsolódó: 5.571

független idézetek száma

összes: 51

az értekezéshez kapcsolódó: 8