

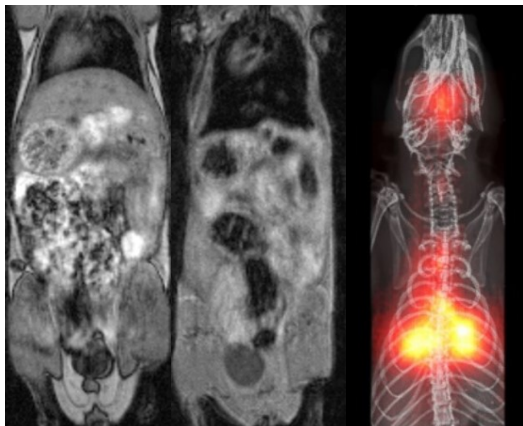
# Studium vlastností nanočástic nitridů železa a jejich medicínální aplikace

**Vedoucí projektu:** Lenka Kubíčková ([kubickol@fzu.cz](mailto:kubickol@fzu.cz))

**Pracoviště:** [Laboratoř Mössbauerovy spektroskopie](#), KFNT, MFF UK  
ve spolupráci s [Oddělením magnetik a supravodičů](#), FZU, AV ČR

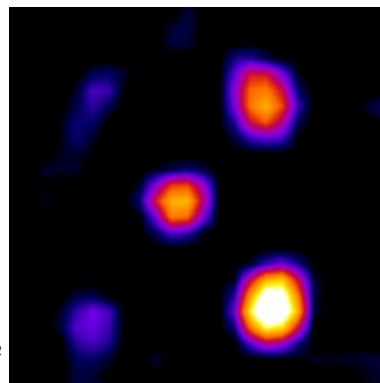
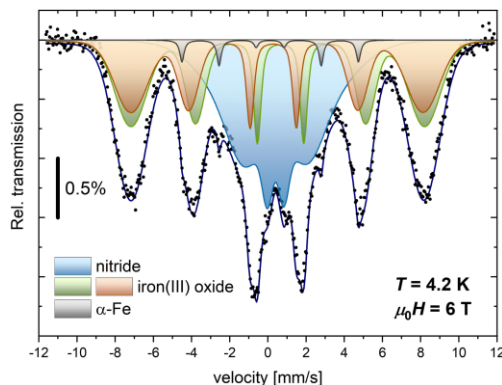
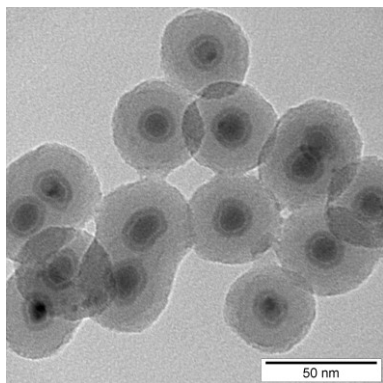
**Klíčová slova:** zobrazování pomocí magnetických částic (MPI), magnetická rezonance (MRI), relaxivita, Mössbauerova spektroskopie, magnetické vlastnosti, struktura

**Časová náročnost:** předpokládáno 80 hodin



MRI snímek těla myši bez kontrastní látky (vlevo) a s podanými magnetickými nanočásticemi coby kontrastní látkou (uprostřed), z [Kubičková et al., Colloids Surf. A 589, 124423 \(2020\)](#). MPI snímek myši inhalující aerosol magnetických nanočástic, doplněný o anatomickou informaci z výpočetní tomografie (vpravo), z [Tay et al., Theranostics 8, 3676 \(2018\)](#).

Binární nitridy železa se skládají pouze ze železa a dusíku, které jsou levné, hojné a netoxické, a představují tak recyklovatelný, ekologický a účinný funkční magnetický materiál, například vhodný pro vývoj nových permanentních magnetů bez kritických prvků. Jejich nanočástice představují atraktivní materiál zejména pro biomedicínské aplikace. Výhodou je jejich vysoká magnetizace, laditelná anizotropie a zdravotní nezávadnost. Z biomedicínských aplikací nás budou zajímat především dvě, a to **kontrastní látky pro magnetickou rezonanci** (magnetic resonance imaging, MRI, využívající principu jaderné magnetické rezonance) a zobrazovací médium pro **zobrazování pomocí magnetických částic** (magnetic particle imaging, MPI). Pro oba typy zobrazování je důležité znát magnetické vlastnosti nanočástic ve statických i střídavých polích, velikost a složení částic, jejich chování ve vodě (vodné suspenzi) a hydrodynamickou velikost.

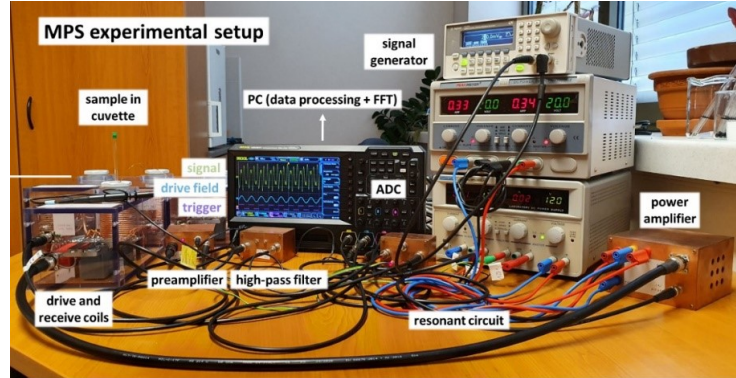


Vlevo: Snímek z transmisní elektronové mikroskopie nanočástic  $\epsilon$ -Fe<sub>3</sub>N se světlejší vrstvičkou oxidu železa na povrchu a pak obalené v silice (amorfním SiO<sub>2</sub>, nejsvětlejší). Uprostřed: <sup>57</sup>Fe Mössbauerova spektra těchto nanočástic při teplotě kapalného helia 4.2 K v magnetickém poli 6 T, kde modře je signál nitridu a hnědě a zeleně signál oxidové vrstvy na povrchu. Vpravo: MPI - projekce maximální intenzity signálu z objemových dat v umělé barevné škále, izolované skorny odpovídají obrázku kyvetek (2x2x2 mm<sup>3</sup>) s různou koncentrací částic od 11.4 mmol(Fe) L<sup>-1</sup> (vlevo nahoře) do 92.5 mmol(Fe) L<sup>-1</sup> (vpravo dole).

**Cílem projektu** je studium základních vlastností magnetických nanočástic nitridů železa a dalších parametrů, které určují jejich vhodnost pro biomedicínské aplikace. Těžiště projektu spočívá v experimentální práci, nicméně po domluvě ho lze pro více teoreticky zaměřené zájemce obohatit o teoretické studium. V případě zájmu studenta lze na výsledky tohoto projektu snadno navázat v bakalářské nebo diplomové práci.

**Experimentální studium** může zahrnovat např.:

- měření magnetických vlastností pomocí magnetometru na principu SQUID (superconducting quantum interference device, při teplotách 3-400 K, v magnetických polích až do 7 T)
- strukturní charakterizace (krystalová struktura, fázová čistota, velikost krystalitů) pomocí práškové rentgenové difrakce (12-300 K)
- analýzu morfologie a velikosti ze snímků z transmisní elektronové mikroskopie (TEM)
- Mössbauerovu spektroskopii
- dynamický rozptyl světla (DLS) pro změření hydrodynamické velikosti částic ve vodě
- měření odezvy na střídavé magnetické pole pomocí spektrometru MPS („bodová analogie MPI“)
- měření efektivity pro MPI bez prostorové informace) zkonstruovaného na KFNT
- měření účinnosti pro zobrazování magnetickou rezonancí (relaxivity) a její závislosti na různých parametrech
- v rámci projektu můžeme zařídit exkurzi na spolupracující pracoviště 1. lékařské fakulty UK, kde disponují mj. přístrojem MPI



Vlevo: Jádro práškového rentgenového difraktometru pro strukturní analýzu. Vpravo: Aparatura pro měření MPS (spektrometrie magnetických částic) zkonstruovaná na KFNT, MFF UK.

Reference např.:

Kaman, O., Kubániová, D., Kubíčková, L., Herynek, V., Veverka, P., Jiráček, Z., Pashchenko, M., Kmječ, T., Veverka, M., Štorkán, M., Hofmann, U. G., & Kohout, J. (2024). Magnetic particle spectroscopy and magnetic particle imaging of zinc and cobalt ferrite nanoparticles: Distinct relaxation mechanisms. *Journal of Alloys and Compounds*, 978, 173022. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.173022>

Kubíčková, L., Kaman, O., Veverka, P., Herynek, V., Brázda, P., Vosmanská, M., Kmječ, T., Dvořák, P., Kubániová, D., & Kohout, J. (2020). The  $\epsilon$ -AlxFe<sub>2</sub>-xO<sub>3</sub> nanomagnets as MRI contrast agents: Factors influencing transverse relaxivity. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 589, 124423. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124423>