

Kraków, 04.04.2023

The development of NMR imaging applications for nano- and micrometric porous systems in the presence of non-uniform magnetic field gradients

Weronika Mazur
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH
Katedra Fizyki Ciała Stałego

Streszczenie

Rozprawa dotyczy zastosowania magnetycznego rezonansu jądrowego (MRJ) do badań nano- i mikrometrycznych układów porowatych w polu magnetycznym, którego gradient jest niejednorodny z powodu niedoskonałości sprzętu i/lub niejednorodnych właściwości magnetycznych próbek. Nadrzędnym celem tych badań jest polepszenie istniejących oraz znalezienie nowych aplikacji MRJ w badaniach mikrostrukturalnych układów porowatych spotykanych w biologii, medycynie, geologii i inżynierii materiałowej. Do tego celu użyto technik MRJ do pomiarów relaksacji i dyfuzji, a także zaimplementowano metody korekcji, takie jak „B-matrix Spatial Distribution” (BSD) w obrazowaniu tensora dyfuzji.

Prowadzone prace badawcze skupiały się na pokonaniu barier napotykanym w charakterystyce mikrostruktury: i) skala, ii) ilość materiału badawczego, iii) skład chemiczny próbki, iv) artefakty obrazowe, v) błędy pomiarowe (systematyczne i stochastyczne). W ramach rozprawy, do dokładniejszego opisu mikrogeometrii układów biologicznych *in vitro* zaproponowano w pierwszej kolejności zastosowanie metody pomiaru współczynnika dyfuzji zależnego od czasu dyfuzji na jednostronnym skanerze NMR MoUSE, operującym w stałym, bardzo silnym gradiencie pola magnetycznego. Opracowana na komórkach modelowych drożdży piekarskich metodologia została przeniesiona do układów mezenchymalnych komórek macierzystych i umożliwiła charakterystykę ich własności biofizycznych oraz mikrostruktury, w tym głównie wykrycie składowej w sygnale pochodzącej od jądra komórkowego. Dzięki temu wskazano możliwość rozróżnienia dwóch mechanizmów śmierci komórek (nekroza i apoptoza). W tych pracach badawczych pokonano barierę skali oraz ilości materiału badawczego.

Rozprawa prezentuje również podejścia i zalety kliniczne dokładniejszego opisu mikrostruktury układów biologicznych *in vivo* - tkanek. Skupiono się na mięśniach szkieletowych podudzi w chorobie niedokrwiennej. Zbadano wpływ leczenia mezenchymalnymi komórkami macierzystymi w podwójnie zaślepionej próbie klinicznej, analizując zmiany mikrostruktury mięśni. Prawidłowa analiza i diagnostyka wymaga eliminacji błędów systematycznych, w tym przypadku z użyciem metody BSD.

Ostatni obszar badań mikrostruktury stanowiły naturalne układy porowate- próbki rdzeni skalnych. Zaproponowano pomiary MRJ procesów relaksacji w niskim polu magnetycznym jako metodę do rozróżnienia czertów typu „bedded” i „nodular” tylko na podstawie cech mikrostruktury porowej w całym zakresie skali (od nano- do makro-), w tym efektów powierzchniowych. Jako metodę pomocniczą zaproponowano analizę składowych głównych. Dokładna analiza danych MRJ była możliwa dzięki dużej korelacji próbek z naturalnymi układami krzemionkowymi (zeolitami) oraz korekcji ze względu na skład chemiczny. Krokiem naprzód w charakterystyce mikrostruktury skał było zastosowanie techniki obrazowania tensora dyfuzji (ang. *diffusion tensor imaging*, DTI), co było możliwe dla próbek węglanowych. Pokazano sposób interpretacji wyników DTI, a na ich podstawie wyznaczono szereg parametrów geofizycznych, w tym jedną nową metrykę mogącą odzwierciedlać przepuszczalność.

Weronika Mazur