



Badanie magnetycznej relaksacji protonów metodą echa spinowego

Magnetyczny rezonans jądrowy

Zjawisko magnetycznego rezonansu jądrowego wiąże się z rezonansową absorpcją promieniowania elektromagnetycznego z odpowiedniego zakresu częstotliwości przez jądra atomowe umieszczone w polu magnetycznym.

Sygnał swobodnej precesji (FID)

Jest generowany po podaniu impulsu $\frac{\pi}{2}$. Zanika eksponencjalnie ze stałą czasową T_2 .

Częstość Larmora

W stałym polu magnetycznym momenty magnetyczne jąder wykonują ruch precesyjny wokół kierunku tego pola z tzw. częstością Larmora.

Streszczenie

Wyznaczono czasy relaksacji podłużnej (T_1) i poprzecznej (T_2) wodnych roztworów wybranych związków chemicznych. Pomiarów wykonano dwoma metodami eksperymentalnymi – metoda inwersji posłużyła do wyznaczenia czasu T_1 , zaś metoda echa spinowego umożliwiła określenie czasu T_2 . W przypadku roztworów soli CuSO_4 o dwóch stężeniach – jednym nieznanym i drugim wynoszącym 1.25% wyznaczono oba czasy relaksacji. Natomiast dla medium DMEM i jego mieszanin z roztworem CuSO_4 określono wyłącznie czas relaksacji spin-sieć.

Metoda echa spinowego

Służy do wyznaczenia czasu relaksacji T_2 . Składa się z sekwencji impulsów $\frac{\pi}{2}$ i π . Po ustaniu impulsu $\frac{\pi}{2}$ składowa poprzeczna magnetyzacji zaczyna zanikać, natomiast wskutek oddziaływania spinów z siecią odrasta jej składowa podłużna. Po upływie czasu τ podawany jest impuls π . Zaś po upływie czasu 2τ od ustania pierwszego impulsu dochodzi do wygenerowania echa Hahna.

Metoda inwersji

Stosowana jest w celu wyznaczenia czasu relaksacji T_1 . Składa się z sekwencji impulsów π i $\frac{\pi}{2}$. Po ustaniu impulsu π magnetyzacja odrasta eksponencjalnie do swojej wartości równowagowej. Z kolei po impulsie $\frac{\pi}{2}$ obserwuje się eksponencjalny zanik FID-u.

Impuls $\frac{\pi}{2}$

Obraca wektor magnetyzacji o kąt 90° .

Impuls π

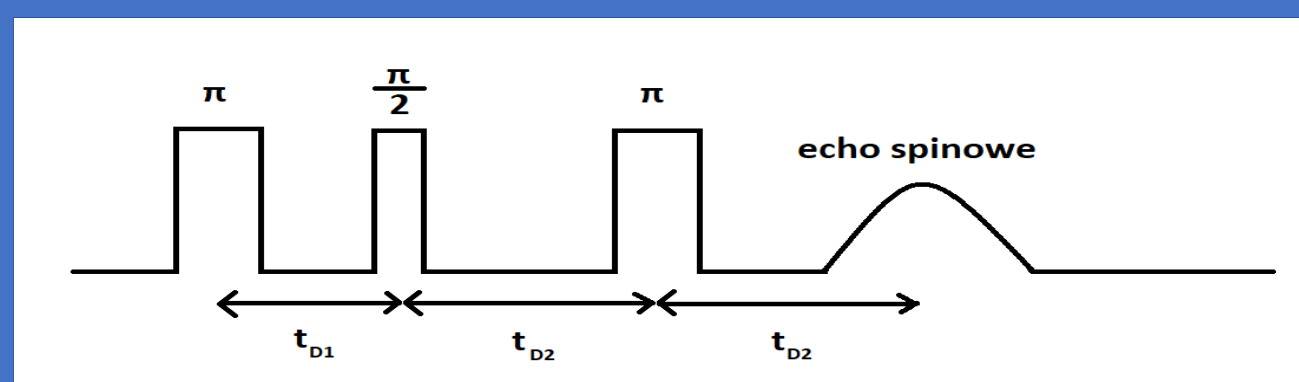
Obraca wektor magnetyzacji o kąt 180° .

Układ doświadczalny

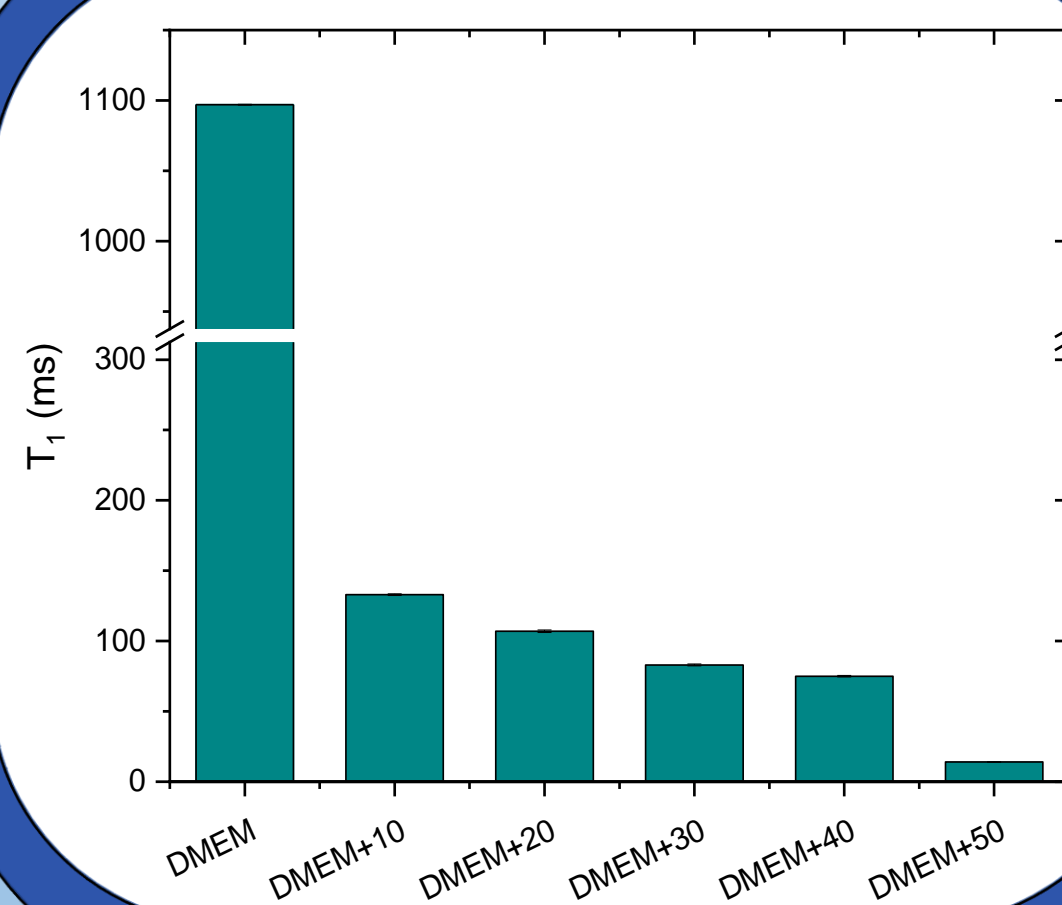
Pomiarów dokonano przy pomocy spektrometru PS15, którego zasadniczy element stanowił elektromagnes będący źródłem pola B_0 . Generowane pole stabilizowane było przez jądrowy stabilizator pola magnetycznego JTM83.

PRZEPROWADZENIE POMIARÓW

Pomiary prowadzone były w sekwencji trzech impulsów: $\pi - \frac{\pi}{2} - \pi$.



W celu wyznaczenia czasu relaksacji T_1 zmierzono zależność amplitudy sygnału echa spinowego od czasu t_{D1} między impulsami π i $\frac{\pi}{2}$, podczas całkowitej inwersji sygnału echa. Natomiast wyznaczenie czasu T_2 wykonano na podstawie pomiaru zależności amplitudy echa spinowego od czasu t_{D2} między impulsami $\frac{\pi}{2}$ i π , od maksymalnej wartości do całkowitego zaniku sygnału echa spinowego.



WYNIKI

Mieszaniny DMEM i roztworu CuSO_4

Dodanie do medium DMEM roztworu siarczanu miedzi (wyjściowe stężenie 1.25%) drastycznie obniża jego czas relaksacji podłużnej.

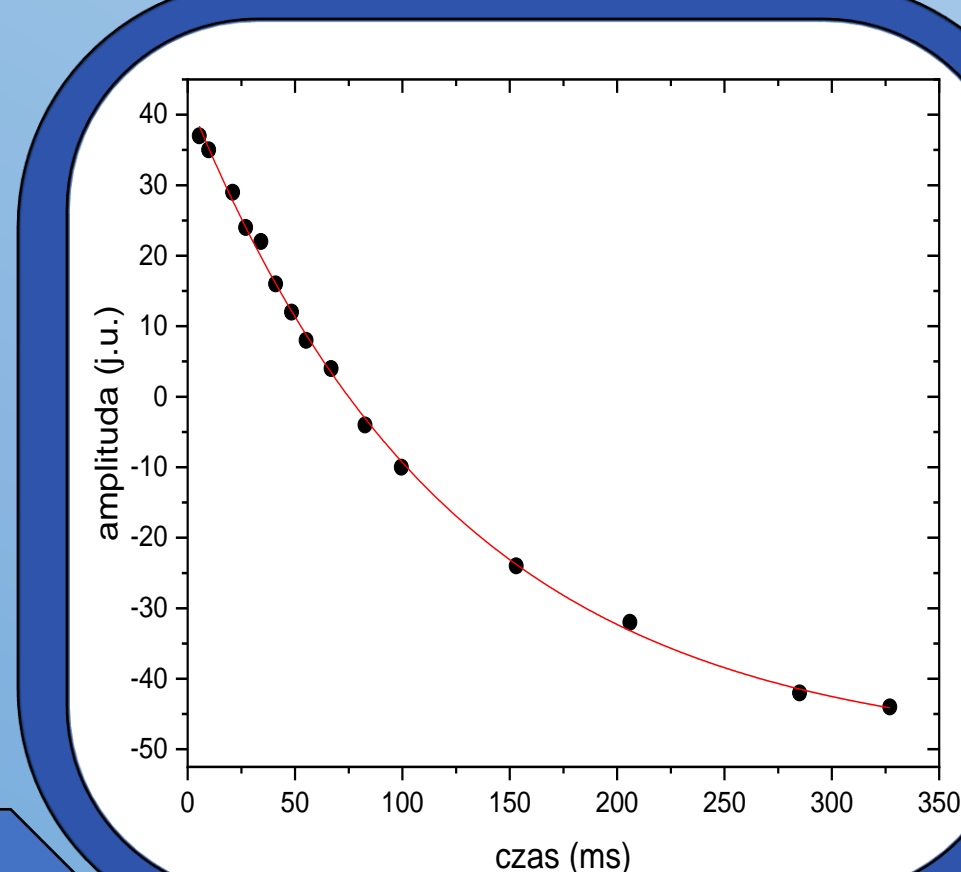
Badana próbka	T_1 [ms]
DMEM	1096.75(27)
DMEM +10 μl CuSO_4	132.85(58)
DMEM +20 μl CuSO_4	107.05(94)
DMEM +30 μl CuSO_4	83.27(71)
DMEM +40 μl CuSO_4	74.70(54)
DMEM +50 μl CuSO_4	13.61(03)

ANALIZA DANYCH

Wartość czasu T_1 wyznaczono z zależności $T_1 = \frac{t_o}{\ln 2}$, gdzie parametr t_o odpowiada czasowi, gdy amplituda przyjmuje wartość 0.

Natomiast czas relaksacji T_2 otrzymano z dopasowania krzywej eksponencjalnej

$$A(t) = y_0 + A_0 e^{-\frac{2t}{T_2}}$$



Wykres 1. Wpływ CuSO_4 na czas relaksacji T_1 dla medium DMEM.

Wykres 2. Eksponencjalny zanik amplitudy w zależności od czasu pomiędzy impulsami π i $\frac{\pi}{2}$ dla DMEM z 10 μl CuSO_4 .

Wodne roztwory CuSO_4

Ze względu na fakt, że czasy relaksacji powinny maleć wraz ze wzrostem stężenia roztworu CuSO_4 wywnioskowano, że próbka o nieznanym stężeniu zawierała roztwór CuSO_4 o stężeniu mniejszym niż 1.25%.

Badana próbka	T_1 [ms]	T_2 [ms]
CuSO_4 o nieznanym stężeniu	43.37(97)	15.47(80)
1.25%-owe CuSO_4	16.28(10)	8.96(30)

LITERATURA

- Instrukcja do ćwiczenia Z7
- Praca zbiorowa pod red. Andrzeja Hryniewiczza i Eugeniusza Rokity, *Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska*.