

A thick black L-shaped frame surrounds the text. The top horizontal bar is on the left, the left vertical bar is on the left, and the bottom horizontal bar is on the right.

# MAGNETYCZNY REZONANS JĄDROWY: SPEKTROSKOPIA

Jakub Błoniarz, Szymon Kucharczyk  
MFwBiM, 07.05.2019 r.

# Plan prezentacji



Wprowadzenie



Zasada działania i charakterystyka pomiaru



Zalety, wady i ograniczenia metody



Zastosowania

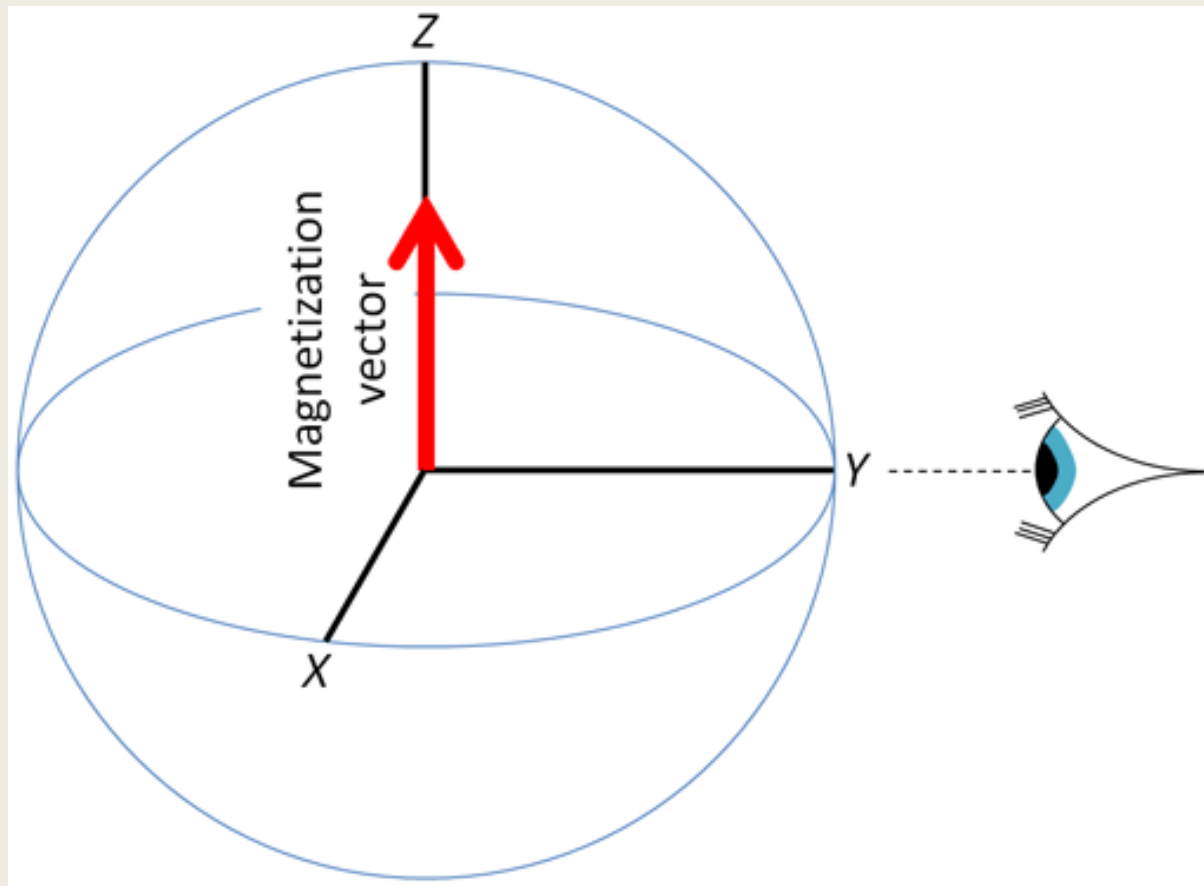


Podsumowanie

# Wprowadzenie

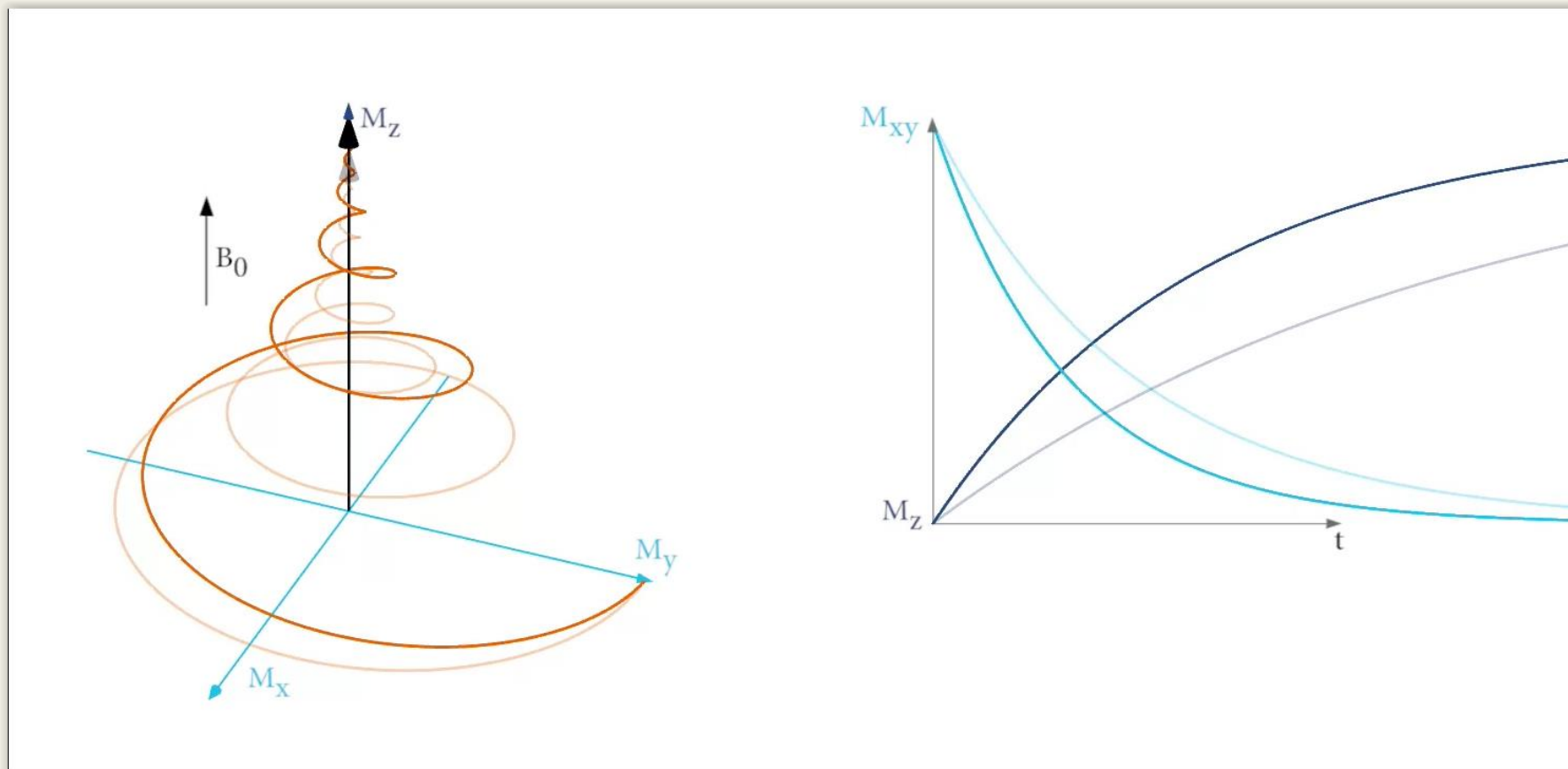
- Spektroskopia oraz obrazowanie NMR (z ang. Nuclear Magnetic Resonance)
- Odkrycie zjawiska NMR przez Isidor'a Rabiego w 1938
- Spin
- Moment magnetyczny
- Precesja

# ZASADA DZIAŁANIA: MODEL WEKTOROWY



Zilustrowanie modelu wektorowego (źródło:  
<http://chem.ch.huji.ac.il/nmr/techniques/1d/pulseq.html>)

# Zasada działania precesja rezonansowa



Warunek rezonansu:

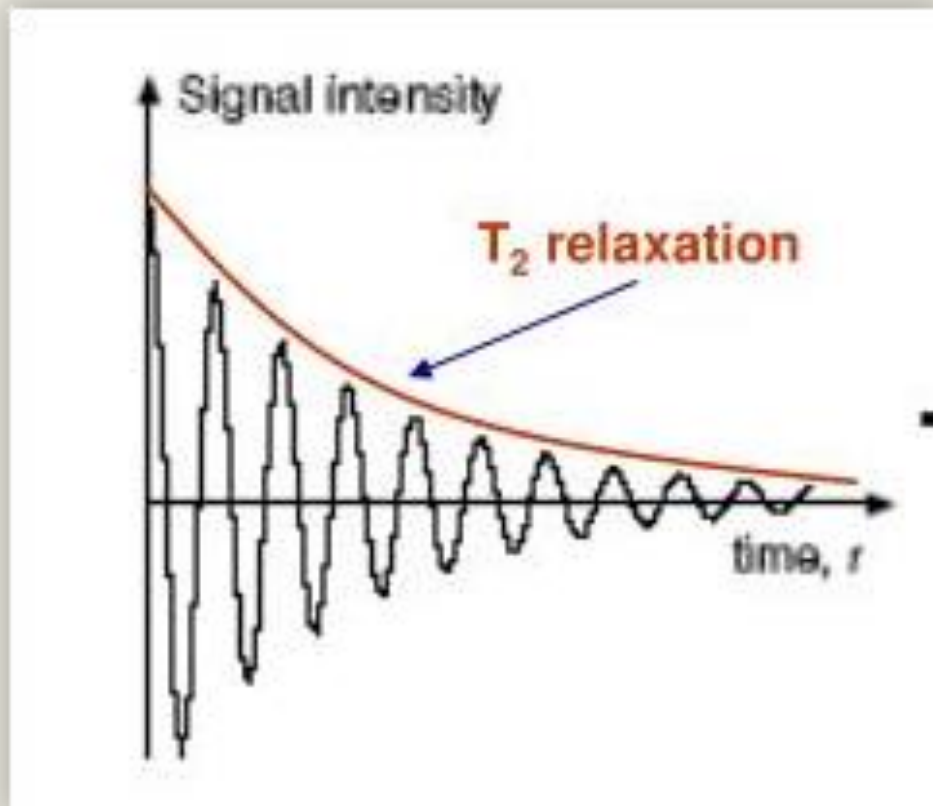
$$\omega = -\gamma B$$

Gdzie:

- $\omega$  – częstość pulsacji pola magnetycznego
- $\gamma$  – czynnik żyromagnetyczny
- $B$  – natężenie pola magnetycznego

Zilustrowanie precesji momentu magnetycznego w osi Z pod wpływem działania zmiennego pola magnetycznego (źródło: [https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_magnetic\\_resonance](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_magnetic_resonance))

# Zasada działania - relaksacja



## Czas relaksacji:

- $T_1$  relaksacja podłużna (spinowo-sieciowa)
- $T_2$  relaksacja poprzeczna (spinowo-spinowa)
- $T_2^*$  ważona relaksacja poprzeczna (z uwzględnieniem wpływu niejednorodności pola)

Zasada pomiaru czasu relaksacji poprzecznej (źródło:  
<https://www.slideserve.com/sacha-vazquez/nmr-relaxation>)

# Metody pomiaru czasu relaksacji

Pulse&collect

Spin-echo

Ciąg inversion-recovery

PGSE

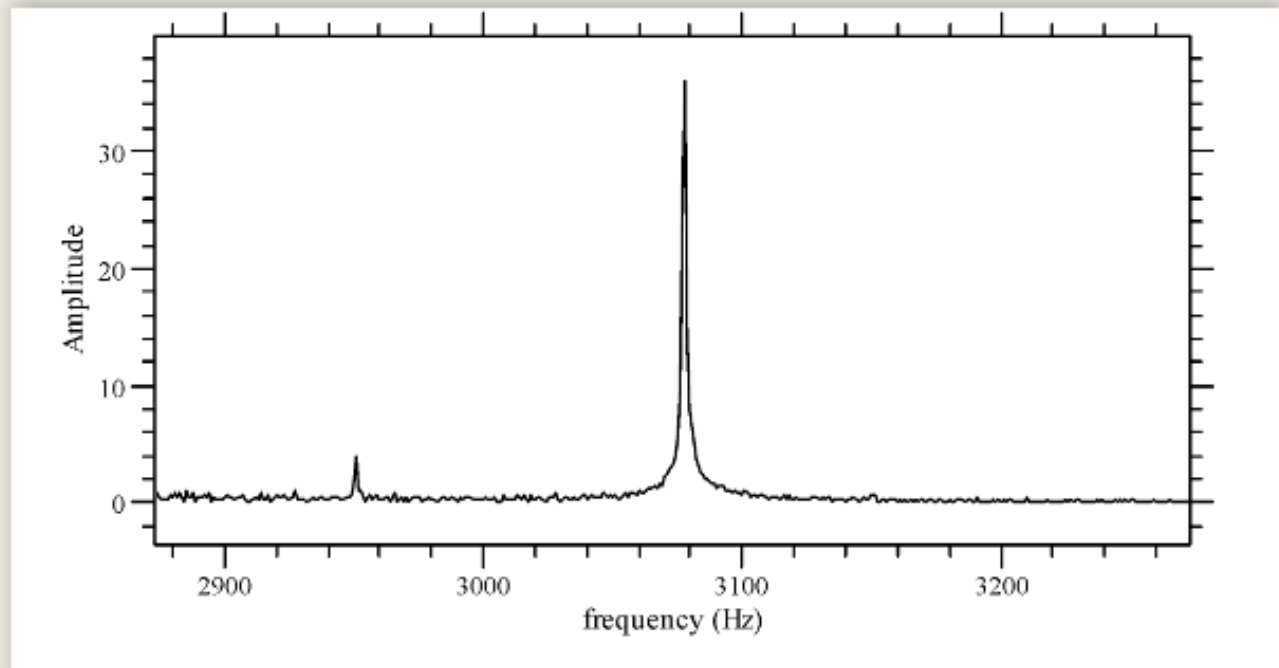
Ciąg CP

Ciąg CPMG

# Charakterystyka pomiaru

- Shimmowanie pola
- Ustalanie długości impulsu polaryzującego i pobudzającego
- Ustalanie gęstości próbkowania
- Ustalenie liczby akwizycji
- Ustalenie czasu repetycji
- Metody statystyczne w analizie sygnału





Linia rezonansowa wody (źródło: [http://home.agh.edu.pl/~klodowsk/wordpress/wp-content/uploads/skrypt\\_efnmr.pdf](http://home.agh.edu.pl/~klodowsk/wordpress/wp-content/uploads/skrypt_efnmr.pdf))

# PRZYKŁADOWE WIDMO SPEKTROSKOPII NMR

# NMR

## Wady

- *Mały sygnał w porównaniu z szumem*
- *Długość pomiaru przy małych stężeniach/malej próbce*
- *Określony (często) długi czas akwizycji*

## Zalety

- *Nie inwazyjny*
- *Możliwość badań in vivo*
- *Informacja o strukturze chemicznej*
- *Wysoka rozdzielczość dla dużych pól magnetycznych ( $\mu\text{M}$ ,  $\mu\text{g}$  substancji [5])*
- *Łatwe przygotowanie próbki*

# Ograniczenia

Wytworzenie pola magnetycznego o dużej indukcji

Koszt

Skończony czas relaksacji

Efekty nie magnetyczne mające odzwierciedlenie w widmie

Wybranie sygnału z szumu

Tylko dla jąder o niezerowym spinie

# Zastosowania

Badanie struktury chemicznej

Badanie czystości mieszanin

Przemysł paliwowy

Badanie dyfuzji

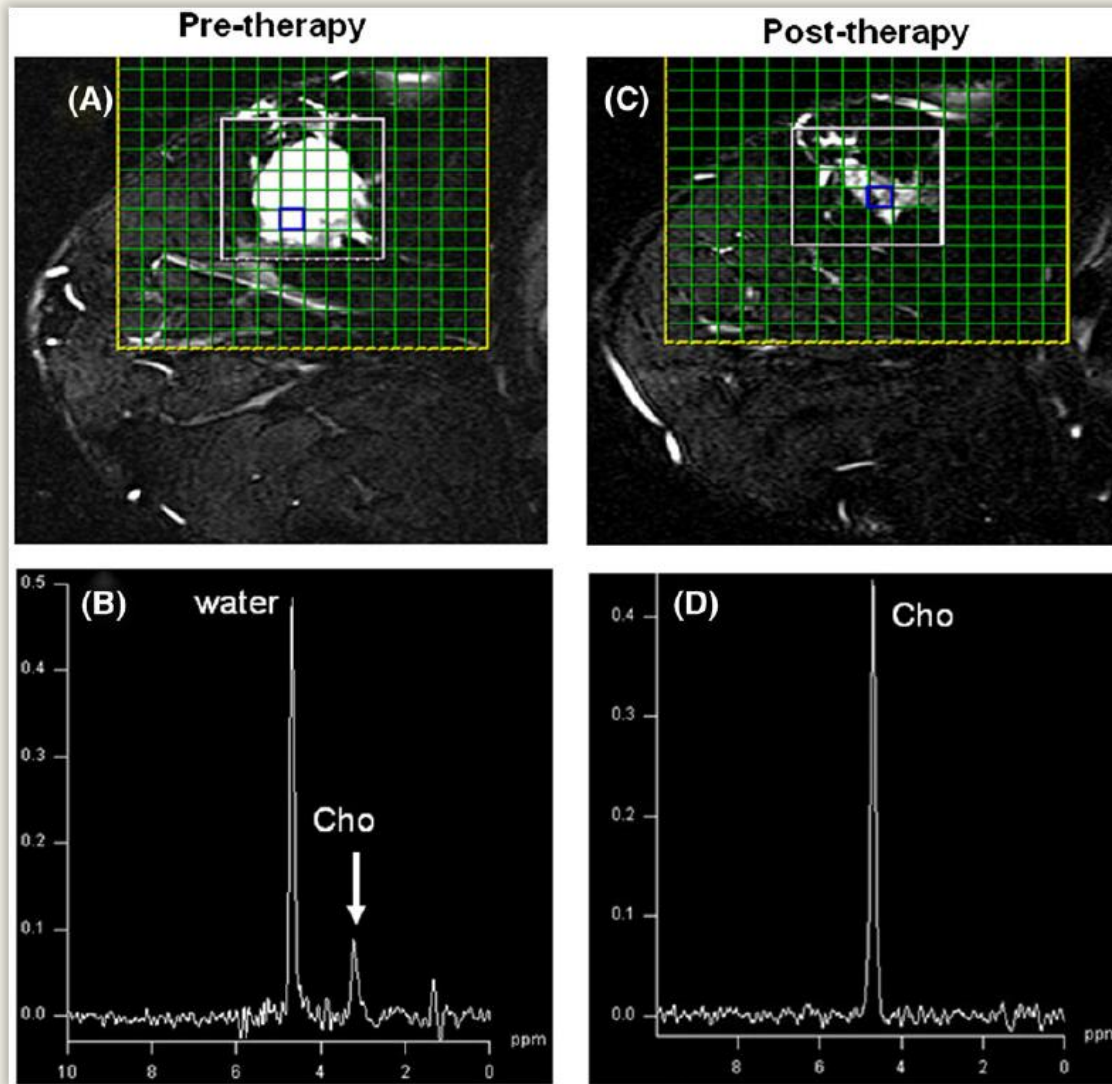
Badanie Ziemskiego Pola Magnetycznego

Medycyna...

# Zastosowanie w medycynie

- Badanie metabolitów
  - *Badanie złośliwości nowotworów*
  - *Indywidualizacja terapii*
- Obrazowanie
  - *Obrazowanie narządów*
  - *Obrazowanie tensora dyfuzji*

# Metabolizm raka piersi



(Obraz MRI oraz widmo NMR czasu T2 uzyskane z zaznaczonego obszaru, przed terapią i po terapii, źródło: Naranamangalam R. Jagannathan: Application of in vivo MR methods in the study of breastcancer metabolism, *NMR in Biomedicine*: 4032 (2018))

Przygotowanie próbki do badania:

Wyizolowano frakcje tkanki piersi z 20 złośliwych, 10 nie złośliwych nowotworów. Za pomocą testu ELISA oszacowano ekspresję  $\beta$ -kateniny i cykliny D1. Do oszacowania tCho wykorzystano  $^1\text{H}$  MRS (z ang. Magnetic Resonance Spectroscopy) *in vivo* z dynamicznym kontrastem (gadolinium).

# Podsumowanie



Metoda wykorzystująca relaksacje momentów magnetycznych po zejściu rezonansu



Automatyzacja większości parametrów pomiarowych



Metoda nie inwazyjna, łatwa w zastosowaniu (możliwość badania *in vivo*), lecz ograniczona ze względu na wytwarzane pole magnetyczne i czas akwizycji



Zastosowanie w medycynie, nauce i przemyśle



Najczęściej stosowane jądra:  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{31}\text{P}$ .

# Bibliografia

1. Notatki z wykładu *Metody Rezonansowe*.
2. Joseph P. Hornak: Basics of NMR (27.04.2019 r.).
3. Renuka Ranjan, Neeraj Sinha: Nuclear magnetic resonance (NMR)-based metabolomics for cancer research, *NMR in Biomedicine*: 3916 (2018).
4. Naranamangalam R. Jagannathan: Application of in vivo MR methods in the study of breastcancer metabolism, *NMR in Biomedicine*: 4032 (2018).
5. NMR Sample Preparation, JB Stothers NMR Facility, Materials Science Addition 0216, Department of Chemistry Western University





DZIĘKUJEMY  
ZA UWAGĘ

