

Struktura magnetyczna tlenku manganu β -MnO₂

Marcin Regulski

Symposium IFD 2004

Plan

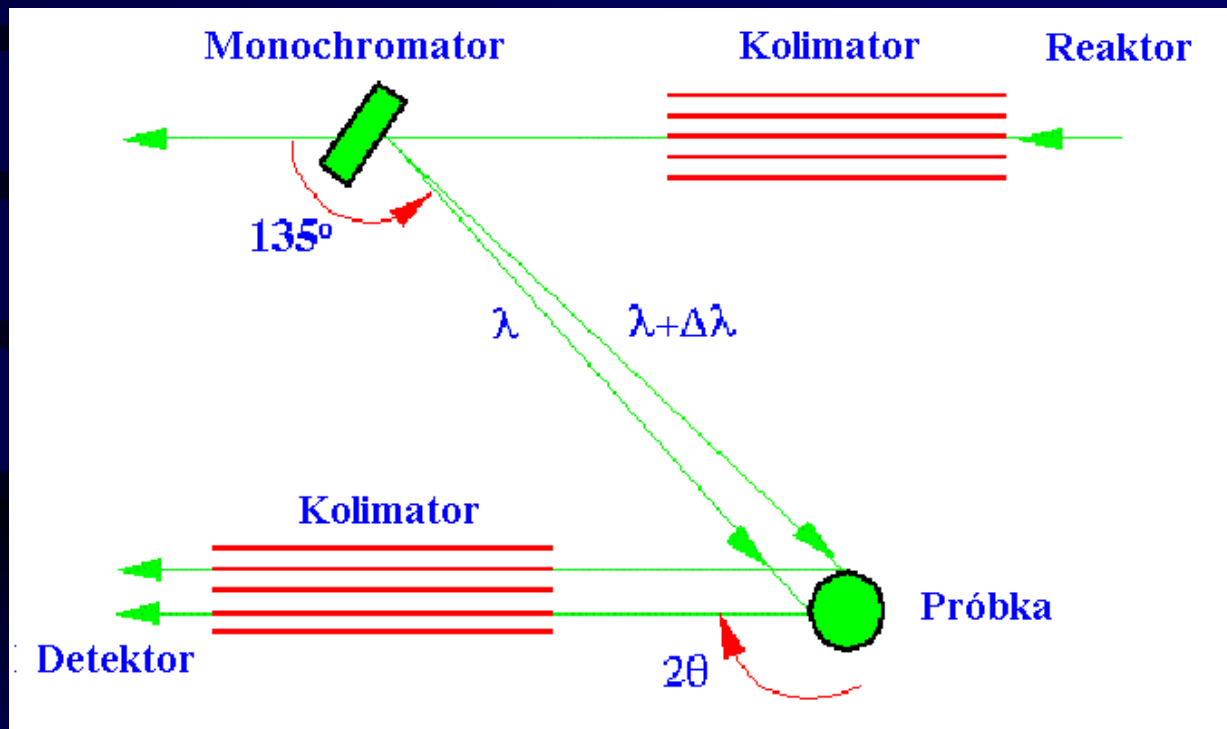
- Dyfrakcja neutronów
- Historycznie ważne wyniki badań tlenków manganu metodą dyfrakcji neutronów
 - MnO (Shull, Smart 1949)
 - β -MnO₂ (Yoshimori 1959)
- Nowe rezultaty dla β -MnO₂
 - Dyfrakcja promieniowania synchrotronowego
 - Dyfrakcja neutronów

Dyfrakcja neutronów

- Długość fali de Broglie'a neutronów termicznych jest rzędu 1 Å
- Neutrony posiadają niezerowy moment magnetyczny ($-1.913 \mu_B$)
- Przekrój czynny na rozpraszanie neutronów na momentach magnetycznych jonów bądź atomów jest tego samego rzędu co przekrój czynny na rozpraszanie neutronów na jądrach atomowych

Dyfrakcja neutronów

Przyrządem do badania dyfrakcji neutronów jest dyfraktometr



<http://www.ill.fr/YellowBook/D2B/>

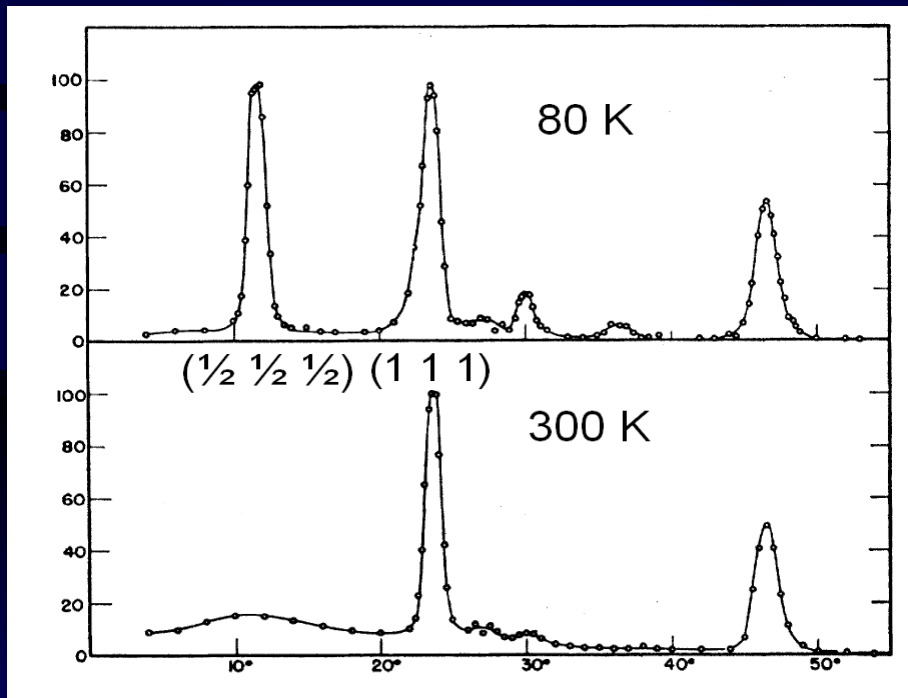
MnO (Shull, Smart 1949)

Uporządkowanie
antyferromagnetyczne

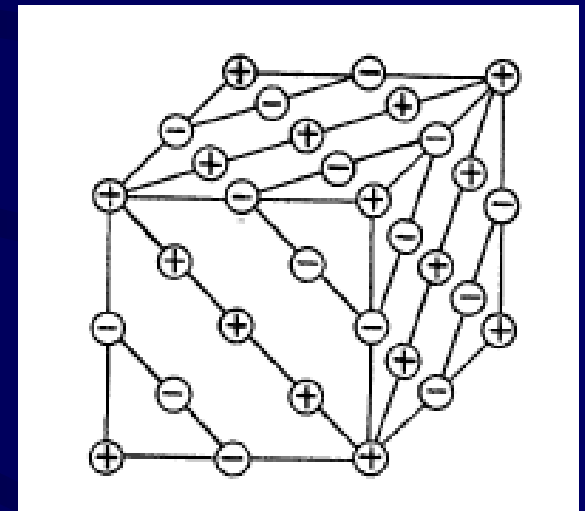


Néel 1932
Nagroda Nobla 1970

Shull, Nagroda Nobla 1994



C. G. Shull, J. S. Smart, Phys. Rev. 76 (1949) 1256



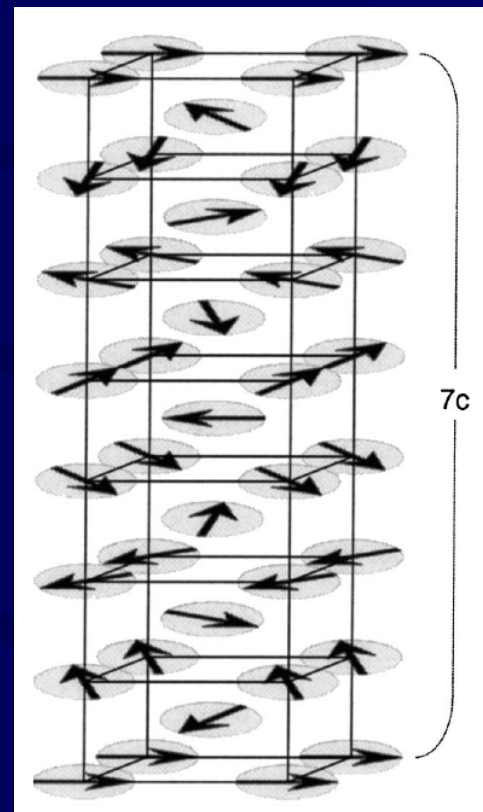
W. L. Rooth, Phys. Rev. 111 (1959) 772

$\beta\text{-MnO}_2$ (Yoshimori 1959)

R. A. Erickson (1957) wykonał eksperyment dyfrakcji neutronów (nieopublikowany)

Model struktury magnetycznej
zapropozowany przez Yoshimoriego:
spirala o okresie $7/2$ c (wektor
propagacji $k=[0,0,2/7]$)

(A. Yoshimori, J. Phys. Soc. Jpn. 14 (1959) 807)



Sato et al. Phys. Rev. B 61 (2000) 3563

β -MnO₂ (Yoshimori 1959)

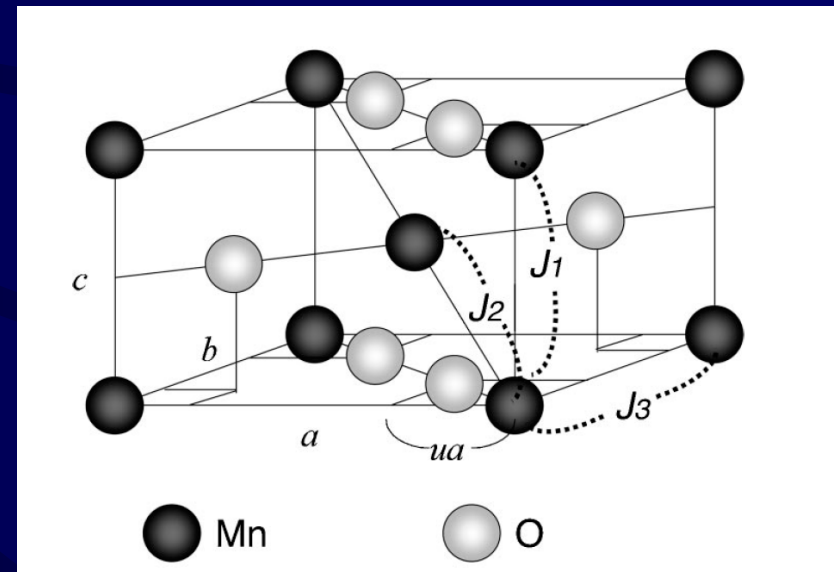
Model oddziaływań w β -MnO₂

- oddziałują spiny zlokalizowanych elektronów Mn⁴⁺
- hamiltonian typu Heisenberga

$$H = - \sum_{i,j} J_{i,j} \bar{S}_i \bar{S}_j$$

- trzy całki wymiany:
 - $J_1 < 0$, $J_2 < 0$
(antyferromagnetyczne),
 - $J_3 > 0$ (ferromagnetyczne)

(A. Yoshimori, J. Phys. Soc. Jpn. 14 (1959) 807)



Sato et al. Phys. Rev. B 61 (2000) 3563

Nowe rezultaty dla β -MnO₂

- Badania własności transportu
 - duża koncentracja zdelokalizowanych nośników
(H. Sato, T. Enoki, M. Isobe, Y. Ueda, Phys Rev. B 61 (2000) 3563)
- Badania magnetycznej dyfrakcji promieniowania synchrotronowego
 - $k_z > 2/7$ ($k_z = 2/7 + \varepsilon$)
 - ε zwiększa się ze wzrostem temperatury
 - wykładnik krytyczny $\beta = 0.25(5)$ zamiast $\beta = 0.346$
(wynikający z hamiltonianu Heisenberga)

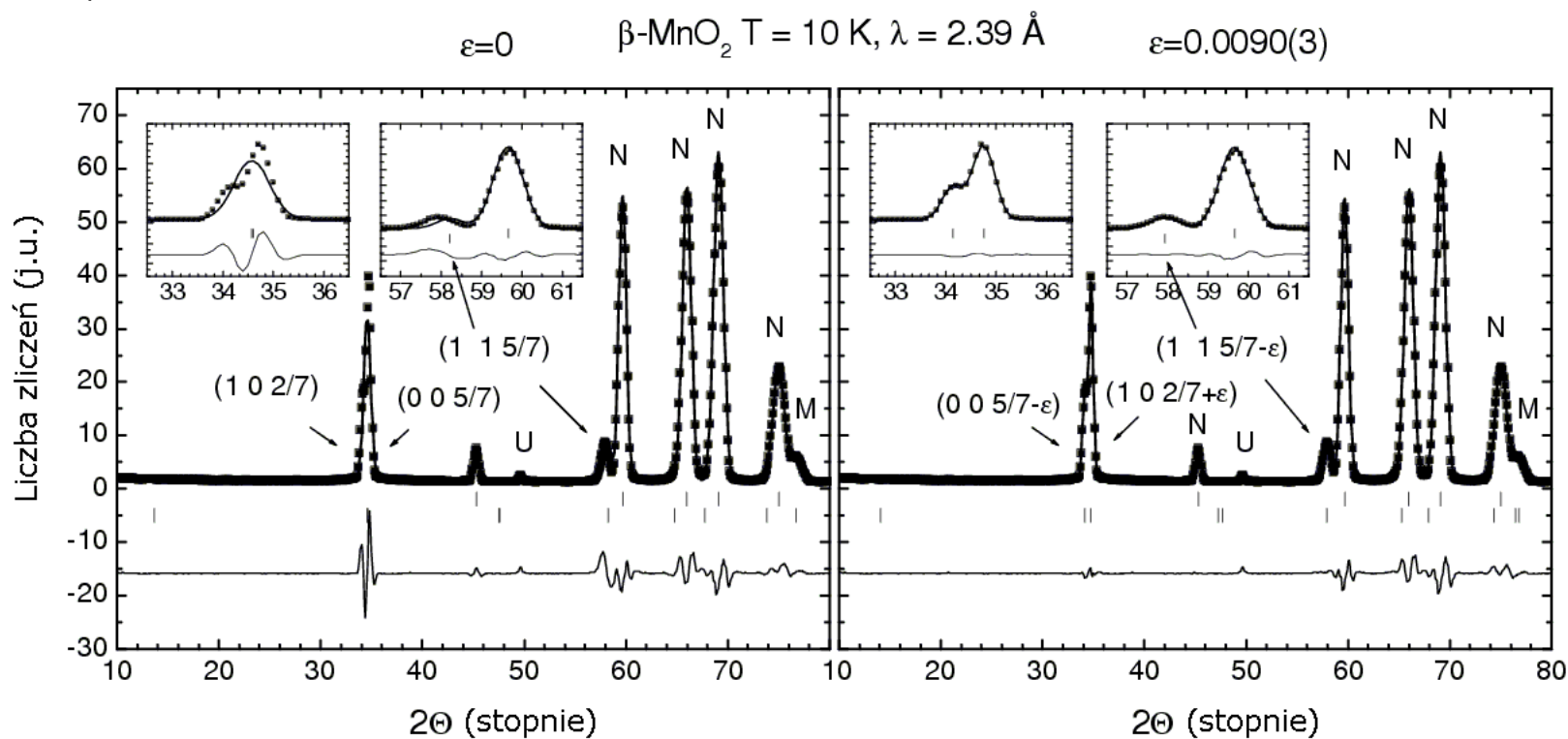
(H. Sato, K. Wakiya, T. Enoki, T. Kiyama, Y. Wakabayashi, H. Nakao, Y. Murakami, J. Phys. Soc. Jpn. 70 (2001) 37; H. Sato, Y. Kawamura, T. Ogawa, Y. Murakami, H. Ohsumi, M. Mizumaki, N. Ikeda, Physica B 329-333 (2003) 757)

Nowe rezultaty dla β -MnO₂

- dyfrakcja magnetyczna promieniowania synchrotronowego jest słabym efektem
- mała statystyka, duże błędy
- duży udział powierzchni ziaren w dyfrakcji

Nowe rezultaty dla $\beta\text{-MnO}_2$

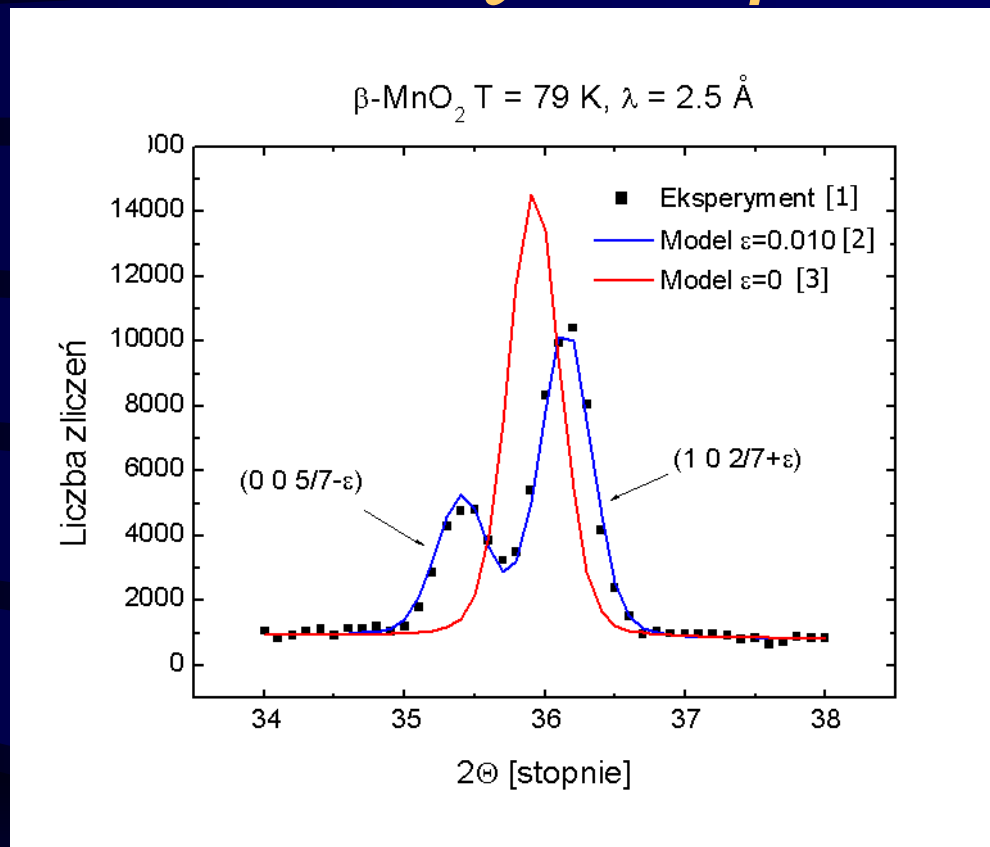
E2, HMI Berlin



M. Regulski, R. Przeniosło, I. Sosnowska, J.-U. Hoffmann, Phys. Rev. B 68 (2003) 172401

Marcin Regulski. Sympozjum IFD 2004

Nowe rezultaty dla $\beta\text{-MnO}_2$



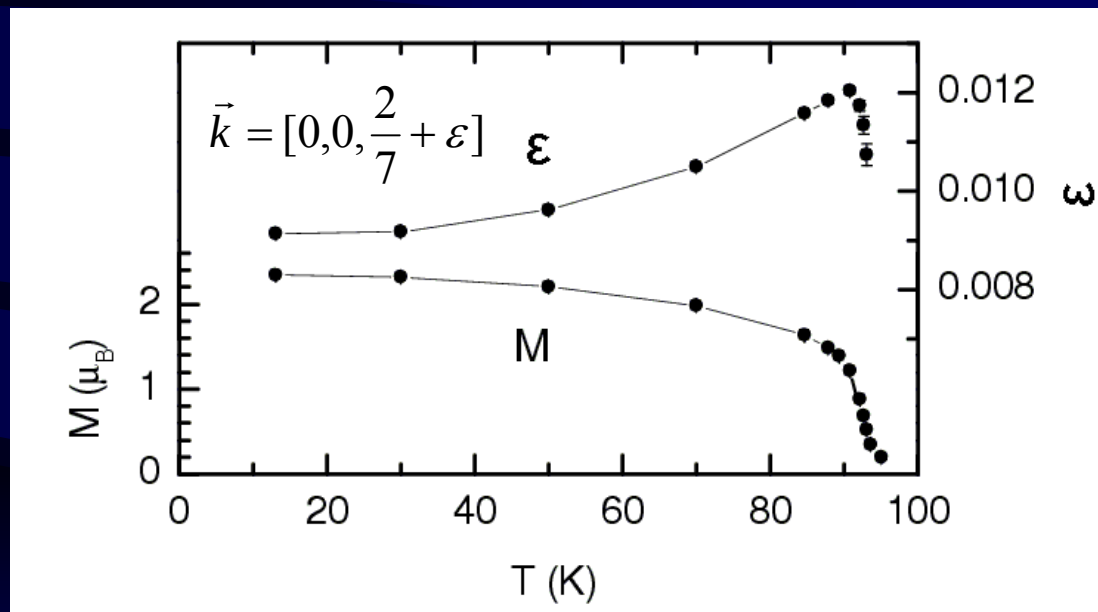
[1] J.A. Gonzalo, D. Cox, An. Fis. 66 (1970) 407

[2] M. Regulski, R. Przeniosło, I. Sosnowska, J.-U. Hoffmann Phys. Rev. B 68 (2003) 172401

[3] A. Yoshimori, J. Phys. Soc. Jpn. 14 (1959) 807

Nowe rezultaty dla β -MnO₂

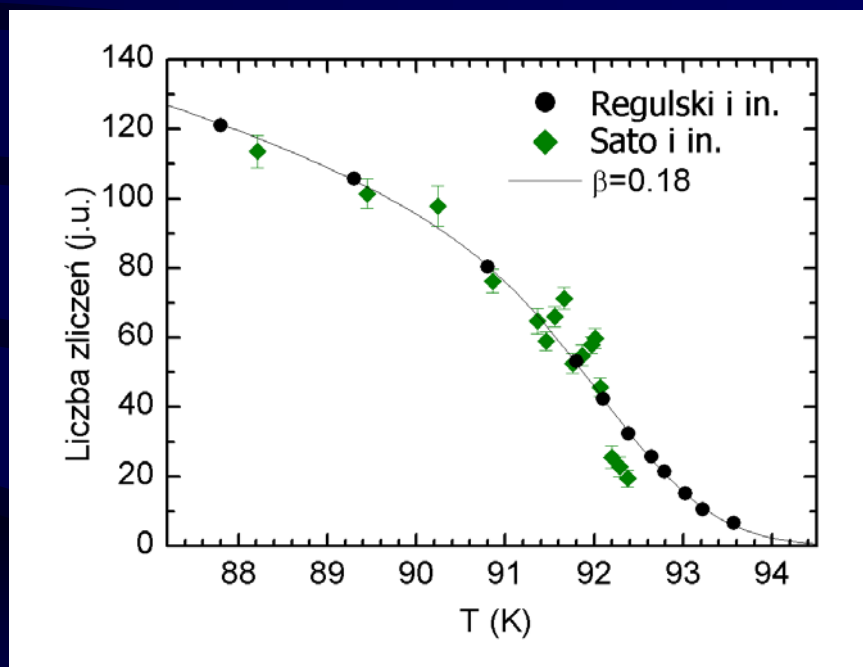
- Długość wektora propagacji spirali jest niemonotoniczną funkcją temperatury



M. Regulski, R. Przeniosło, I. Sosnowska, J.-U. Hoffmann, J. Phys. Soc. Jpn 73 (2004)

Nowe rezultaty dla $\beta\text{-MnO}_2$

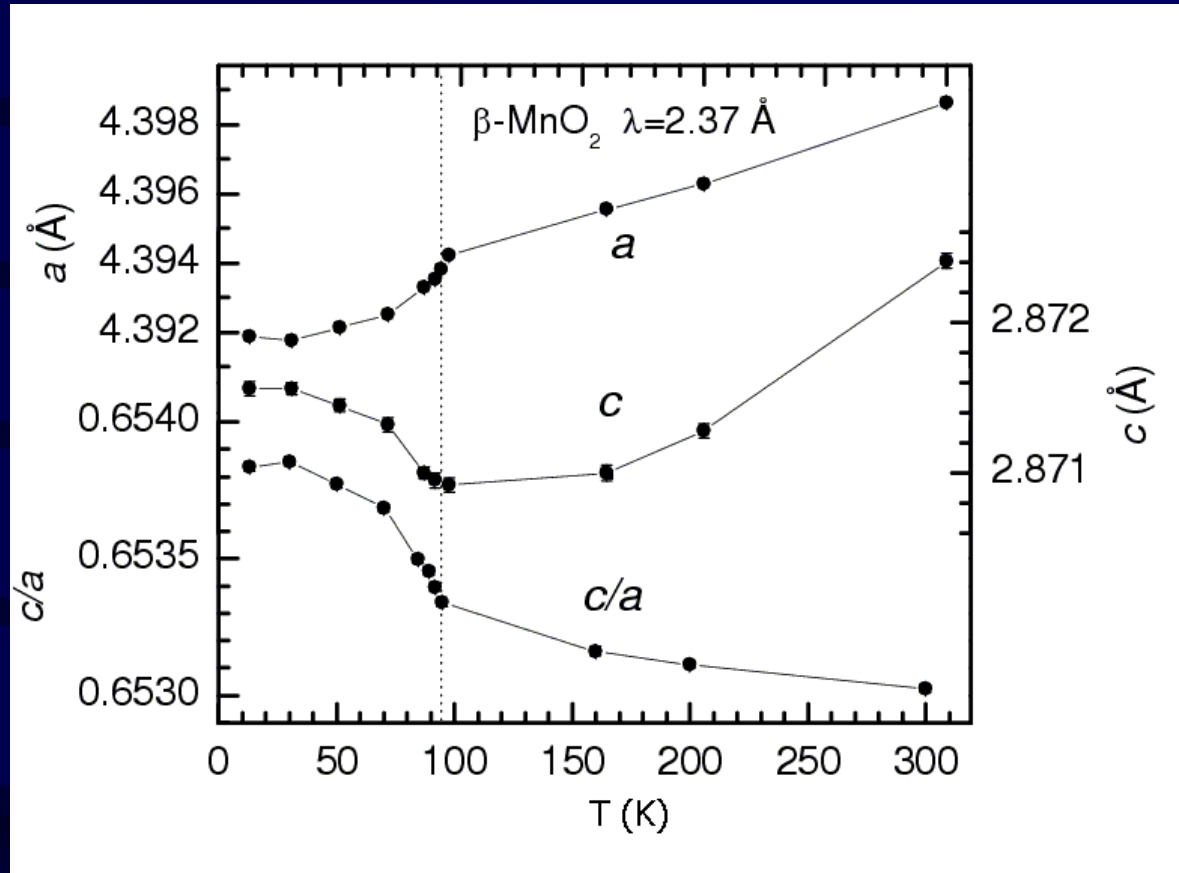
- Wykładnik krytyczny $\beta=0.18(2)$.
- Lepsza statystyka i lepsza dokładność niż w pracy Sato et al.



M. Regulski, R. Przeniosło, I. Sosnowska, J.-U. Hoffmann, J. Phys. Soc. Jpn 73 (2004)

Nowe rezultaty dla $\beta\text{-MnO}_2$

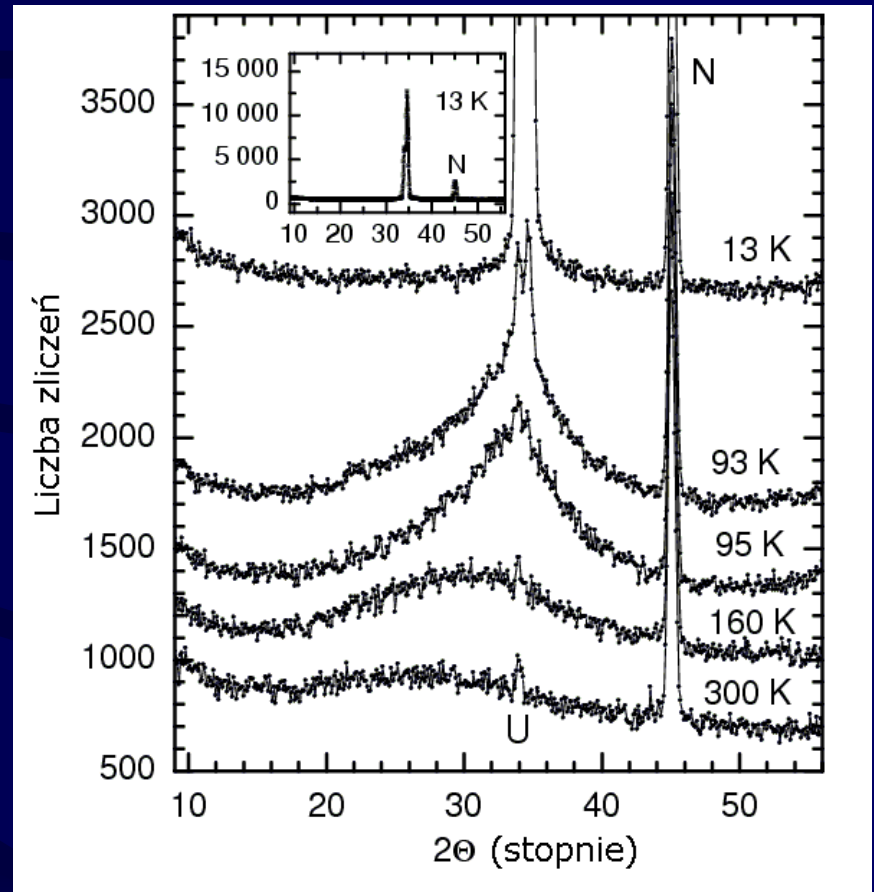
- Silne sprzężenie uporządkowania magnetycznego ze strukturą krystaliczną.
- Ujemna rozszerzalność termiczna w kierunku osi c .



M. Regulski, R. Przeniosło, I. Sosnowska, J.-U. Hoffmann, J. Phys. Soc. Jpn 73 (2004)

Nowe rezultaty dla $\beta\text{-MnO}_2$

- W temperaturze pokojowej (ponad 200 K powyżej temperatury Néel'a wynoszącej ok. 93 K) wciąż istnieje bliskozasięgowe uporządkowanie momentów magnetycznych w $\beta\text{-MnO}_2$.



M. Regulski, R. Przeniosło, I. Sosnowska, J.-U. Hoffmann, J. Phys. Soc. Jpn 73 (2004)

Podsumowanie

Czasem warto sprawdzać prace znanych autorów i powtarzać wyniki eksperymentów przeprowadzanych przed laty. Dzięki ciągłej poprawie jakości instrumentów oraz poprawie metod analizy danych czasami można zaważyć efekty które wcześniej umknęły badaczom.

Współpraca

- Pracownia Struktury i Dynamiki Sieci.
Instytut Fizyki Doświadczalnej,
Uniwersytet Warszawski
 - R. Przeniosło
 - I. Sosnowska
 - W. Sławiński
- Instytut Hahn-Meitner w Berlinie
 - J.-U. Hoffmann